

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年12月 6日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-354476

[ST.10/C]:

[JP2002-354476]

出 願 人

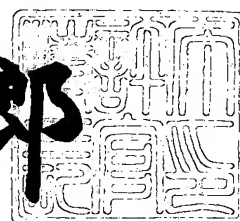
Applicant(s):

アルプス電気株式会社

2003年 3月24日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3019708

【書類名】 特許願

【整理番号】 02A235AL

【提出日】 平成14年12月 6日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/31

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

【請求項の数】 27

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス電気株式会社  
社内

    【氏名】 渡辺 利徳

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス電気株式会社  
社内

    【氏名】 佐藤 清

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス電気株式会社  
社内

    【氏名】 栗山 年弘

【特許出願人】

    【識別番号】 000010098

    【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

    【代表者】 片岡 政隆

【代理人】

    【識別番号】 100085453

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 野▲崎▼ 照夫

【選任した代理人】

    【識別番号】 100121049

【弁理士】

【氏名又は名称】 三輪 正義

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-208600

【出願日】 平成14年 7月17日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 041070

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0202405

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録媒体との対向面からハイト方向に延びて形成された下部コア層と、前記下部コア層上であって前記対向面からハイト方向に所定長さで形成された隆起層と、前記隆起層のハイト方向後端面からハイト方向に所定距離離れて、前記下部コア層上に形成されたバックギャップ層と、少なくとも前記下部コア層、前記隆起層及びバックギャップ層で囲まれた空間内に形成されたコイル層と、前記コイル層上を覆うコイル絶縁層とを有し、

前記隆起層の上面、前記コイル絶縁層の上面及びバックギャップ層の上面は連続した平坦化面であり、

G d 決め層は、前記対向面からハイト方向に所定距離離れた前記平坦化面上に形成され、

前記 G d 決め層よりも前記対向面側及びハイト側のそれぞれの前記平坦化面上に下から下部磁極層、ギャップ層が形成され、さらに前記ギャップ層上から前記 G d 決め層上にかけて上部磁極層が形成され、

前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層は同じ平面形状を有しており、前記対向面での前記上部磁極層のトラック幅方向における幅寸法でトラック幅 T w が決定されることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】 前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層は、それぞれメッキ形成されたものである請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】 前記上部磁極層上には上部コア層が形成され、前記上部コア層は前記上部磁極層と同じ平面形状で形成され、前記上部磁極層及び下部磁極層は前記上部コア層よりも高い飽和磁束密度を有している請求項 1 または 2 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】 前記上部コア層は前記上部磁極層よりも厚い膜厚で形成される請求項 3 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】 前記上部磁極層及び下部磁極層は前記下部コア層、隆起層及びバックギャップ層よりも高い飽和磁束密度を有している請求項 1 ないし 4 のい

ずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】 前記上部磁極層の平面形状は、前記対向面でトラック幅の幅寸法を持ち、ハイト方向に向けてこの幅寸法を保ちながら、あるいはハイト方向に向けてトラック幅よりも幅寸法が広がる先端部と、前記先端部のハイト側の両側基端からハイト方向に向けてトラック幅方向への幅がさらに広がる後端部とを有して構成される請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 7】 前記 G d 決め層の記録媒体との対向面側に位置する前端面と下面との境界部は前記隆起層の上であり、前記 G d 決め層は前記隆起層上からコイル絶縁層上にかけて形成されており、

前記隆起層のハイト側に位置する後端面と上面との境界部から前記 G d 決め層のハイト側に位置する後端面と下面との境界部までのハイト方向と平行な方向の長さ寸法が、前記 G d 決め層の最大膜厚よりも大きい請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 8】 前記 G d 決め層の前記後端面と下面との境界部は、前記バックギャップ層の記録媒体との対向面と上面との境界部上に、あるいは前記バックギャップ層上に位置し、前記コイル絶縁層の上面と前記下部磁極層の下面間に前記 G d 決め層が介在する請求項 7 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 9】 少なくとも前記 G d 決め層の前記後端面と、バックギャップ層の記録媒体との対向面側に位置する前端面との間に位置する前記平坦化面上には、第 1 メッキ下地層が設けられ、前記第 1 メッキ下地層上に前記下部磁極層がメッキ形成される請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 10】 前記第 1 メッキ下地層は非磁性金属材料で形成される請求項 9 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 11】 前記隆起層上には第 2 メッキ下地層が形成され、前記第 1 メッキ下地層と第 2 メッキ下地層とは分離形成され、少なくとも G d 決め層は前記第 1 メッキ下地層と第 2 メッキ下地層との間に位置し、前記第 2 メッキ下地層は磁性材料で形成され、前記第 2 メッキ下地層上に前記下部磁極層がメッキ形成される請求項 9 または 10 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 12】 前記 G d 決め層上には部分的に第 3 メッキ下地層が形成さ

れ、前記第 3 メッキ下地層上に上部磁極層がメッキ形成される請求項 1 ないし 1 1 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 1 3】 前記コイル層は、前記下部コア層表面と平行な平面上であって、前記バックギャップ層を中心としてその周囲に巻回形成されている請求項 1 ないし 1 2 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 1 4】 前記コイル層は、下部コア層、隆起層及びバックギャップ層に囲まれた空間内に互いに平行に形成された複数本の第 1 コイル片と、前記上部磁極層上に絶縁層を介して互いに平行に形成された複数本の第 2 コイル片とを有して構成され、前記第 1 コイル片と第 2 コイル片は互いに非平行をなし、

前記上部磁極層の膜厚方向で対向する第 1 コイル片の一端部と第 2 コイル片の一端部とが接続部を介して接続されてトロイダル状のコイル構造を構成する請求項 1 ないし 1 2 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 1 5】 以下の工程を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

(a) 記録媒体との対向面からハイト方向に下部コア層を延ばして形成する工程と、

(b) 前記下部コア層上にコイル絶縁下地層を形成した後、所定領域の前記コイル絶縁下地層上にコイル層を形成する工程と、

(c) 前記 (b) 工程よりも前あるいは後に、前記下部コア層上であって前記対向面からハイト方向に前記コイル層の前記対向面側の前端面に接触しない位置で隆起層を形成し、前記隆起層のハイト方向後端面からハイト方向に離して、且つ前記コイル層と接触しない位置での前記下部コア層上にバックギャップ層を形成する工程と、

(d) 前記コイル層上をコイル絶縁層で埋め、前記隆起層の上面、前記絶縁層の上面及びバックギャップ層の上面を連続した平坦化面に形成する工程と、

(e) 前記対向面からハイト方向に所定距離離れた前記平坦化面上に G d 決め層を形成する工程と、

(f) 前記 G d 決め層よりも前記対向面側及びハイト側のそれぞれの前記平坦化面上に下から下部磁極層、ギャップ層を形成し、さらに前記ギャップ層上から前

記 G d 決め層上にかけて上部磁極層を形成する工程。

【請求項 1 6】 前記 (f) 工程で、前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層を、連続してメッキ形成する請求項 1 5 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 7】 前記 (f) 工程後に、前記上部磁極層上に上部コア層を連続してメッキ形成し、前記 (f) 工程で、前記上部磁極層及び下部磁極層を前記上部コア層よりも高い飽和磁束密度を有する材質で形成する請求項 1 5 または 1 6 に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 8】 前記 (f) 工程で、前記上部磁極層及び下部磁極層を前記下部コア層、隆起層及びバックギャップ層よりも高い飽和磁束密度を有する材質で形成する請求項 1 5 ないし 1 7 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 9】 前記 (f) 工程で、前記上部磁極層の平面形状を、前記対向面でトラック幅の幅寸法を持ち、ハイト方向に向けてこの幅寸法を保ちながら、あるいはハイト方向に向けてトラック幅よりも幅寸法が広がる先端部と、前記先端部のハイト側の両側基端からハイト方向に向けてトラック幅方向への幅がさらに広がる後端部とを有して形成し、下部磁極層、ギャップ層及び上部コア層の平面形状も、前記上部磁極層の平面形状と同じとする請求項 1 5 ないし 1 8 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 0】 前記 (e) 工程で、前記 G d 決め層の記録媒体との対向面側に位置する前端面と下面との境界部を前記隆起層の上に形成するとともに、前記隆起層のハイト側に位置する後端面と上面との境界部から前記 G d 決め層のハイト側に位置する後端面と下面との境界部までのハイト方向と平行な方向の長さ寸法が、前記 G d 決め層の最大膜厚よりも大きくなるように、前記 G d 決め層を前記隆起層上からコイル絶縁層上にかけて形成する請求項 1 5 ないし 1 9 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 1】 前記 G d 決め層の前記後端面と下面との境界部が、前記バックギャップ層の記録媒体との対向面と上面との境界部上に、あるいは前記バックギャップ層上に位置し、前記コイル絶縁層の上面と前記下部磁極層の下面間に

前記G d 決め層が介在するように、前記G d 決め層を前記隆起層上からコイル絶縁層上、あるいは前記隆起層上からコイル絶縁層上およびバックギャップ層上にかけて形成する請求項 2 0 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 2】 前記 (d) 工程と (e) 工程との間に、少なくともG d 決め層のハイト側に位置する後端面とバックギャップ層の記録媒体との対向面側に位置する前端面との間に位置する前記平坦化面上に第 1 メッキ下地層を形成し、前記第 1 メッキ下地層上に前記下部磁極層をメッキ形成する請求項 1 5 ないし 2 0 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 3】 前記第 1 メッキ下地層を非磁性金属材料で形成する請求項 2 2 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 4】 前記隆起層上に第 2 メッキ下地層を形成し、このとき前記第 1 メッキ下地層と第 2 メッキ下地層とを分離して形成し、少なくとも前記G d 決め層を前記第 1 メッキ下地層と第 2 メッキ下地層との間の隙間に埋め、前記第 2 メッキ下地層を磁性材料で形成し、前記第 2 メッキ下地層上に前記下部磁極層をメッキ形成する請求項 2 2 または 2 3 に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 5】 前記G d 決め層上には部分的に第 3 メッキ下地層を設け、前記第 3 メッキ下地層上に上部磁極層をメッキ形成する請求項 1 5 ないし 2 4 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 6】 前記コイル層を、前記下部コア層表面と平行な平面上であって、前記バックギャップ層を中心としてその周囲に巻回形成する請求項 1 5 ないし 2 5 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 7】 前記コイル層を、下部コア層、隆起層及びバックギャップ層に囲まれた空間内に互いに平行に形成された複数本の第 1 コイル片と、前記上部磁極層上に絶縁層を介して互いに平行に形成された複数本の第 2 コイル片とを有して構成し、前記第 1 コイル片と第 2 コイル片は互いに非平行をなしており、前記上部磁極層の膜厚方向で対向する第 1 コイル片の一端部と第 2 コイル片の一端部とを接続部を介して接続してトロイダル状のコイル構造を構成する請求項 1 5 ないし 2 5 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】



## 【 0 0 0 1 】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば浮上式磁気ヘッドなどに使用される記録用の薄膜磁気ヘッドに係り、特にトラック幅を所定寸法に高精度に形成でき狭トラック化に適切に対応できるとともに、磁路長を短くでき、さらには磁束の漏れを抑制して、記録特性を向上させることができる薄膜磁気ヘッド及びその製造方法に関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

図 2 5 は従来の薄膜磁気ヘッドの縦断面図であり、図示左側の X-Z 面と平行な最左面が「記録媒体との対向面」を示している。ここで X 方向はトラック幅方向、Y 方向はハイト方向、Z 方向は、ハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向である。

## 【 0 0 0 3 】

符号 1 は、NiFe 合金などで形成された下部コア層であり、前記下部コア層 1 の上に  $Al_2O_3$  などで形成されたギャップ層 2 が形成されている。図 2 5 に示すように前記ギャップ層 2 の上には、Cu などで形成されたコイル層 3 が形成され、前記コイル層 3 はレジストなどの有機絶縁層 4 によって覆われている。前記有機絶縁層 4 の上には NiFe 合金などで形成された上部コア層 5 が形成され、前記上部コア層 5 の先端部 5 a は、前記記録媒体との対向面側で前記下部コア層 1 上にギャップ層 2 を介して対向し、一方基端部 5 b は下部コア層 1 のハイト方向後方で前記下部コア層 1 上に直接、接して形成されている。

## 【 0 0 0 4 】

一方、図 2 6 は別の従来の薄膜磁気ヘッドの縦断面図、図 2 7 は図 2 6 に示す薄膜磁気ヘッドの正面図である。図 2 6 に示す図示左側の面が「記録媒体との対向面」である。

## 【 0 0 0 5 】

図 2 6 に示す符号 6 が下部コア層であり、この下部コア層 6 は記録媒体との対向面側で上部コア層方向（図示 Z 方向）に向けて隆起する隆起部 6 a が設けられている。図 2 6 に示すように前記下部コア層 6 のハイト方向（図示 Y 方向）後方

には磁性材料製のバックギャップ層 7 が形成され、前記隆起部 6 a と前記バックギャップ層 7 間にコイル層 8 の一部が収められている。前記コイル層 8 の周囲は絶縁層 9 で覆われ、前記隆起部 6 a の上面 6 b から前記絶縁層 9 の上面 9 a 及びバックギャップ層 7 の上面 7 a は平坦化面となっている。

## 【 0 0 0 6 】

図 2 6 に示すように前記隆起部 6 a の上面から前記絶縁層 9 の上面 9 a にかけて例えば  $Al_2O_3$  など形成されたギャップ層 1 0 が形成され、前記ギャップ層 1 0 上には記録媒体との対向面からハイト方向に所定間隔を空けて非磁性層 1 2 が形成され、さらに前記ギャップ層 1 0 上から前記非磁性層 1 2 上及び前記バックギャップ層 7 の上面 7 a にかけて上部コア層 1 1 が形成されている。

## 【 0 0 0 7 】

一方、図 2 8 はさらに別の従来の薄膜磁気ヘッドの縦断面図である。図 2 8 に示す図示左側の面が「記録媒体との対向面」である。

## 【 0 0 0 8 】

図 2 8 に示す符号 1 3 が下部コア層であり、この下部コア層 1 3 は記録媒体との対向面側で上部コア層方向（図示 Z 方向）に向けて隆起する隆起部 1 3 a が設けられている。図 2 8 に示すように前記下部コア層 1 3 のハイト方向（図示 Y 方向）後方には磁性材料製のバックギャップ層 1 4 が形成され、前記隆起部 1 3 a と前記バックギャップ層 1 4 間にコイル層 1 5 の一部が収められている。前記コイル層 1 5 の周囲は絶縁層 1 6 で覆われ、前記隆起部 1 3 a の上面 1 3 b から前記絶縁層 1 6 の上面 1 6 a は平坦化面となっている。

## 【 0 0 0 9 】

図 2 8 に示すように前記隆起部 1 3 a の上面および前記絶縁層 1 6 の上面 1 6 a には、前記バックギャップ層 1 4 の記録媒体との対向面側に位置する前端面 1 4 a まで、例えば  $Al_2O_3$  など形成されたギャップ層 1 8 が形成され、前記ギャップ層 1 8 の上面 1 8 a から前記バックギャップ層 1 4 の上面 1 4 b は平坦化面となっている。

## 【 0 0 1 0 】

そして、前記ギャップ層 1 8 上から前記バックギャップ層 1 4 の上面 1 4 b に

かけて上部コア層 1 9 が形成されている。

【 0 0 1 1 】

これらの薄膜磁気ヘッドが開示されている特許文献として以下に示すものがある。

【 0 0 1 2 】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 1 - 3 1 9 3 1 1 号公報

【特許文献 2】

特開 2 0 0 1 - 2 5 0 2 0 3 号公報

【 0 0 1 3 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで近年の高記録密度化・高周波数化に伴って、薄膜磁気ヘッドの小型化・磁気ヘッド装置の高速化が進み、このため薄膜磁気ヘッドに求められる特性もいっそうシビアなものになる。

【 0 0 1 4 】

薄膜磁気ヘッドの上部コア層 5 の先端部 5 a の前記対向面における幅寸法はトラック幅  $T_w$  と呼ばれ、高記録密度化が進むほど、この幅寸法はいっそう小さくされる。

【 0 0 1 5 】

しかし図 2 5 のようにコイル層 3 を覆う有機絶縁層 4 がギャップ層 2 よりもかなり盛り上がって形成されていると、上部コア層 5 のパターンを形成するためのレジストが露光現像の際に乱反射等の影響を受けて、前記上部コア層 5 を所定形状に形成できず、前記トラック幅  $T_w$  は広がって形成されやすくなる。

【 0 0 1 6 】

また図 2 5 に示す薄膜磁気ヘッドには、低い熱膨張係数が求められる。薄膜磁気ヘッドが高い熱膨張係数を有していると、駆動時における発熱によって変形、特に記録媒体との対向面からギャップ層 2 等が突き出すなどの問題が発生しやすくなる。記録媒体との対向面から図示しない記録媒体の表面までの距離をスペーシングと呼ぶが、高記録密度化を実現するためこのスペーシングはいっそう小さ

い距離となっている。ところが上記したような突き出しの問題などがあると、非常に狭いスペーシングのために薄膜磁気ヘッドが駆動時、前記記録媒体に衝突しやくなるといった問題が生じる。

## 【 0 0 1 7 】

図 2 5 に示す薄膜磁気ヘッドでは、コイル層 3 を覆うためにレジストなどで形成された有機絶縁層 4 を用いている。この有機絶縁層 4 の部分は他の層に比べて非常に熱膨張係数が高いため、薄膜磁気ヘッドの駆動時における発熱によってこの有機絶縁層 4 の部分が膨張し、それに引張られてギャップ層 2 の部分が突き出しやすくなる。

## 【 0 0 1 8 】

また図 2 5 に示す薄膜磁気ヘッドでは、ギャップ層 2 から盛り上がる有機絶縁層 4 のために上部コア層 5 から下部コア層 1 への磁路長が長い。従って磁束効率を良くするためコイル層 3 のターン数はある程度、必要となるためにコイル抵抗値を下げられず、上記した突き出しの問題は益々顕著化する。

## 【 0 0 1 9 】

図 2 6 に示す薄膜磁気ヘッドはコイル層 8 を下部コア層 6、隆起部 6 a、バックギャップ層 7 に形成された空間内に埋め込み、図 2 5 に示す薄膜磁気ヘッドに比べてギャップ層 1 0 から盛り上がる層（非磁性層 1 2）の厚みは小さいため図 2 5 に示す薄膜磁気ヘッドに比べて前記上部コア層 1 1 を精度良く形成しやすい。しかし依然として前記上部コア層 1 1 を完全な平坦化面上に形成しておらず、前記上部コア層 1 1 を所定形状により精度良く形成できない。

## 【 0 0 2 0 】

また図 2 6 に示す薄膜磁気ヘッドには以下のような問題点もあった。それは図 2 6 に示す薄膜磁気ヘッドではサイドフリンジングの発生を抑制するために薄膜磁気ヘッドの正面を図 2 7 に示すような形状にトリミングしなければならないのである。サイドフリンジングとは、両側部から漏れる記録磁界によって実質的にトラック幅が広がる現象であり、高記録密度化が進むにつれて前記サイドフリンジングの発生を極力防止しなければならない。

## 【 0 0 2 1 】

そのため図 2 7 に示すように、上部コア層 1 1 の両側端部 1 1 a、ギャップ層 1 0 の両側端部 1 0 a 及び下部コア層 6 の隆起部 6 a の両側端部 6 c をトリミングして、できる限りトラック幅  $T_w$  に揃える工程が施されている。

## 【 0 0 2 2 】

しかしながら要求されるトラック幅  $T_w$  が  $0.3 \mu\text{m}$  程度以下と非常に小さいために、そもそもトリミングでこの寸法を実現すること自体が困難になってきたこと、またトリミングには再付着現象などの問題も生じるためトラック幅  $T_w$  の精度を向上させることが困難であることなどが問題となった。

## 【 0 0 2 3 】

一方、図 2 8 に示す薄膜磁気ヘッドでは、図 2 6 に示す薄膜磁気ヘッドと異なり、前記ギャップ層 1 8 上には非磁性層は形成されていない。したがって、前記ギャップ層 1 8 の上面 1 8 a から前記バックギャップ層 1 4 の上面 1 4 b を平坦化面とすることができ、この平坦化面上に前記上部コア層 1 9 を形成できるため、図 2 6 に示す薄膜磁気ヘッドに比べて前記上部コア層 1 9 を精度良く形成しやすい。

## 【 0 0 2 4 】

しかしながら図 2 8 に示す薄膜磁気ヘッドでは、図 2 6 に示す薄膜磁気ヘッドと同様に、上部コア層 1 9 のトラック幅方向における両側端部、ギャップ層 1 8 のトラック幅方向における両側端部及び隆起部 1 3 a のトラック幅方向における両側端部をトリミングして、トラック幅  $T_w$  に揃える工程が施されるので、図 2 7 を用いて説明したように、トリミング時における再付着現象などの問題により、高精度にトラック幅  $T_w$  を規定することが困難であった。

## 【 0 0 2 5 】

また図 2 8 に示す薄膜磁気ヘッドでは、ギャップ層 1 8 は  $\text{Al}_2\text{O}_3$  などの無機絶縁材料で形成されたものであるため、前記バックギャップ層 1 4 と上部コア層 1 9 との接続間に前記ギャップ層 1 8 が介在してはいけなない。そのため図 2 8 のようにバックギャップ層 1 4 と上部コア層 1 9 との接続部には前記ギャップ層 1 8 が介在していないが、図 2 8 のような構造にするには、ギャップ層 1 8 の形成後、ギャップ層 1 8 からコイル絶縁層 1 6 にかけてバックギャップ層 1 4 形

成のための貫通孔の形成、さらに前記貫通孔内にバックギャップ層 1 4 のメッキ形成などを行わなければならない製造工程が複雑化する。特に上記した貫通孔はギャップ層 1 8 の上面 1 8 a から下部コア層 1 3 の表面にかけて完全に貫通していないと下部コア層 1 3 と前記バックギャップ層 1 4 との磁気的な接続が悪化し、記録特性の低下に繋がるが、コイル絶縁層 1 6 は比較的厚い膜厚のため、このコイル絶縁層 1 6 の部分が完全に抜けた貫通孔を形成すること自体困難である。

#### 【 0 0 2 6 】

以上のように図 2 5、図 2 6 および図 2 8 に示す薄膜磁気ヘッドでは今後の高記録度化及び高周波数化に適切に対応でき、記録特性の向上を図ることも可能な薄膜磁気ヘッドを実現することができなかった。

#### 【 0 0 2 7 】

そこで本発明は上記従来課題を解決するためのものであり、特にトラック幅を所定寸法に高精度に形成でき狭トラック化に適切に対応できるとともに、磁路長を短くでき、記録特性を向上させることができる薄膜磁気ヘッドを提供することを目的としている。

#### 【 0 0 2 8 】

また本発明は、上記の薄膜磁気ヘッドを少ない工程数で且つ容易に形成することが可能な薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供することを目的としている。

#### 【 0 0 2 9 】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の薄膜磁気ヘッドは、記録媒体との対向面からハイト方向に延びて形成された下部コア層と、前記下部コア層上であって前記対向面からハイト方向に所定長さで形成された隆起層と、前記隆起層のハイト方向後端面からハイト方向に所定距離離れて、前記下部コア層上に形成されたバックギャップ層と、少なくとも下部コア層、前記隆起層及びバックギャップ層で囲まれた空間内に形成されたコイル層と、前記コイル層上を覆うコイル絶縁層とを有し、

前記隆起層の上面、前記コイル絶縁層の上面及びバックギャップ層の上面は連続した平坦化面であり、

G d 決め層は、前記対向面からハイト方向に所定距離離れた前記平坦化面上に形成され、

前記G d 決め層よりも前記対向面側及びハイト側のそれぞれの前記平坦化面上に下から下部磁極層、ギャップ層が形成され、さらに前記ギャップ層上から前記G d 決め層上にかけて上部磁極層が形成され、

前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層は同じ平面形状を有しており、前記対向面での前記上部磁極層のトラック幅方向における幅寸法でトラック幅T w が決定されることを特徴とするものである。

#### 【 0 0 3 0 】

本発明における薄膜磁気ヘッドの特徴点は、コイル層を下部コア層、隆起層及びバックギャップ層で囲まれた空間内に形成し、前記隆起層の上面、前記コイル絶縁層の上面及びバックギャップ層の上面を連続した平坦化面とし、この平坦化面上に、3層の下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層を形成している点にある。

#### 【 0 0 3 1 】

前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層を平坦化面上に形成できることで、この3層を所定形状に精度良く形成でき前記上部磁極層の記録媒体との対向面における幅寸法で決定されるトラック幅T w を所定寸法で形成しやすくできる。よって高記録密度化に適切に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

#### 【 0 0 3 2 】

また前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層を平坦化面上で形成できることで、磁路長を短くできる。よってコイルのターン数を減らしても記録特性の低下を防ぐことができるため前記ターン数を減らしてコイル抵抗値の低減を図り、熱膨張による突き出しの問題を適切に抑制できる。

#### 【 0 0 3 3 】

また本発明の薄膜磁気ヘッドでは図25に示す薄膜磁気ヘッドのように有機絶縁層は必要ないので熱膨張係数の低減を図ることができ、熱膨張による突き出しの問題を適切に抑制できる。

## 【 0 0 3 4 】

また本発明では前記平坦化面上に G d 決め層が設けられ、この G d 決め層により前記下部磁極層及び上部磁極層を磁極部とヨーク部とに機能的に分離している。すなわち下部磁極層及び上部磁極層の少なくとも前記 G d 決め層よりも前方は、磁束を集中させ記録媒体に対し記録磁界を発生させるための磁極部として、少なくとも前記 G d 決め層よりも後方は、閉磁路内で磁束を効率良く流すためのヨーク部として機能している。本発明では磁極部とヨーク部とが一体化しているがそれを G d 決め層を設けることで適切に分離させることが可能になっている。

## 【 0 0 3 5 】

また本発明では、前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層は、それぞれメッキ形成されたものであることが好ましい。この 3 層をそれぞれメッキ形成することで、従来のようにトリミング工程がなくても狭トラック化を実現することができる。

## 【 0 0 3 6 】

また本発明では、前記上部磁極層上には上部コア層が形成され、前記上部コア層は前記上部磁極層と同じ平面形状で形成され、前記上部磁極層及び下部磁極層は前記上部コア層よりも高い飽和磁束密度を有していることが好ましい。本発明では前記上部コア層をそのまま上部磁極層上に形成できる。前記上部磁極層表面はほぼ平坦化された面であるので、従来に比べて前記上部コア層を平坦化面上に形成でき前記上部コア層を所定形状に高精度に形成できる。またこのとき上部磁極層及び下部磁極層を上部コア層よりも高い飽和磁束密度を有する磁性材料で形成すると、磁束効率を向上させることができ、記録特性の向上を図ることができる。

## 【 0 0 3 7 】

また本発明では、前記上部コア層は前記上部磁極層よりも厚い膜厚で形成されることが好ましい。

## 【 0 0 3 8 】

また本発明では、前記上部磁極層及び下部磁極層は前記下部コア層、隆起層及びバックギャップ層よりも高い飽和磁束密度を有していることが好ましい。



## 【 0 0 3 9 】

また本発明では、前記上部磁極層の平面形状は、前記対向面でトラック幅の幅寸法を持ち、ハイト方向に向けてこの幅寸法を保ちながら、あるいはハイト方向に向けてトラック幅よりも幅寸法が広がる先端部と、前記先端部のハイト側の両側基端からハイト方向に向けてトラック幅方向への幅がさらに広がる後端部とを有して構成されることが好ましい。この平面形状を有する上部磁極層であれば磁極部となる前記先端部に磁束を集中させることができると共に、ヨーク部となる後端部では、磁束効率を上げることができる。

## 【 0 0 4 0 】

また本発明では、前記G d 決め層の記録媒体との対向面側に位置する前端面と下面との境界部は前記隆起層の上にあり、前記G d 決め層は前記隆起層上からコイル絶縁層上にかけて形成されており、

前記隆起層のハイト側に位置する後端面と上面との境界部から前記G d 決め層のハイト側に位置する後端面と下面との境界部までのハイト方向と平行な方向の長さ寸法が、前記G d 決め層の最大膜厚よりも大きいことが好ましい。

## 【 0 0 4 1 】

これにより、記録磁界が正規のルートを通らずに前記G d 決め層のハイト側に位置する後端面の近傍から漏れることを抑制することができる。

## 【 0 0 4 2 】

また前記G d 決め層の前記後端面と下面との境界部は、前記バックギャップ層の記録媒体との対向面と上面との境界部上に、あるいは前記バックギャップ層上に位置し、前記コイル絶縁層の上面と前記下部磁極層の下面間に前記G d 決め層が介在することがより好ましい。これにより、より効果的に前記G d 決め層のハイト側に位置する後端面の近傍から漏れることを抑制できるとともに、コイル層の膜厚を厚くできコイル抵抗の低下を図ることができる。

## 【 0 0 4 3 】

また本発明では、少なくとも前記G d 決め層の前記後端面と、バックギャップ層の記録媒体との対向面側に位置する前端面との間に位置する前記平坦化面上には、第1メッキ下地層が設けられ、前記第1メッキ下地層上に前記下部磁極層が

メッキ形成されることが好ましい。このとき、前記第 1 メッキ下地層を非磁性金属材料で形成することができる。また本発明では、前記隆起層上には第 2 メッキ下地層が形成され、前記第 1 メッキ下地層と第 2 メッキ下地層とは分離形成され、少なくとも G d 決め層は前記第 1 メッキ下地層と第 2 メッキ下地層との間に位置し、前記第 2 メッキ下地層は磁性材料で形成され、前記第 2 メッキ下地層上に前記下部磁極層がメッキ形成されることが好ましい。この発明では前記隆起層上にも第 2 メッキ下地層が設けられるが、前記第 2 メッキ下地層の前端部は記録媒体との対向面に現われるので、前記第 2 メッキ下地層は磁性材料であることが必要である。非磁性金属材料で前記第 2 メッキ下地層が形成されるとこの部分が疑似ギャップとなるからである。

## 【 0 0 4 4 】

また本発明では、前記 G d 決め層上には部分的に第 3 メッキ下地層が形成され、前記第 3 メッキ下地層上に上部磁極層がメッキ形成されることが好ましい。前記上部磁極層を前記 G d 決め層上に所定形状で形成しやすくなる。

## 【 0 0 4 5 】

また本発明では、前記コイル層は、前記下部コア層表面と平行な平面上であって、前記バックギャップ層を中心としてその周囲に巻回形成されている形状であってもよいし、または、前記コイル層は、下部コア層、隆起層及びバックギャップ層に囲まれた空間内に互いに平行に形成された複数本の第 1 コイル片と、前記上部磁極層上に絶縁層を介して互いに平行に形成された複数本の第 2 コイル片とを有して構成され、第 1 コイル片と第 2 コイル片は互いに非平行をなし、

前記上部磁極層の膜厚方向で対向する第 1 コイル片の一端部と第 2 コイル片の一端部とが上下方向で接続部を介して接続されてトロイダル状のコイル構造を構成してもよい。

## 【 0 0 4 6 】

また本発明における薄膜磁気ヘッドの製造方法は、以下の工程を有することを特徴とするものである。

(a) 記録媒体との対向面からハイト方向に下部コア層を延ばして形成する工程と、

(b) 前記下部コア層上にコイル絶縁下地層を形成した後、所定領域の前記コイル絶縁下地層上にコイル層を形成する工程と、

(c) 前記(b)工程よりも前あるいは後に、前記下部コア層上であって前記対向面からハイト方向に前記コイル層の前記対向面側の前端面に接触しない位置で隆起層を形成し、前記隆起層のハイト方向後端面からハイト方向に離して、且つ前記コイル層と接触しない位置での前記下部コア層上にバックギャップ層を形成する工程と、

(d) 前記コイル層上をコイル絶縁層で埋め、前記隆起層の上面、前記絶縁層の上面及びバックギャップ層の上面を連続した平坦化面に形成する工程と、

(e) 前記対向面からハイト方向に所定距離離れた前記平坦面上にG d 決め層を形成する工程と、

(f) 前記G d 決め層よりも前記対向面側及びハイト側のそれぞれの前記平坦化面上に下から下部磁極層、ギャップ層を形成し、さらに前記ギャップ層上から前記G d 決め層上にかけて上部磁極層を形成する工程。

#### 【 0 0 4 7 】

上記の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、下部コア層上の隆起層とバックギャップ部との間にコイル層を埋め込み、平坦化された前記隆起層の上面、前記絶縁層の上面及びバックギャップ層の上面に、下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層の3層構造を形成することが容易に行える。しかもこの3層構造を平坦化面上に形成できるので、前記3層構造を所定形状に高精度に形成でき高記録密度化に適切に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

#### 【 0 0 4 8 】

本発明では、前記(f)工程で、前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層を、連続してメッキ形成することが好ましい。これにより前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層の3層を容易に且つ所定形状に形成しやすくでき、特に前記上部磁極層の記録媒体との対向面での幅寸法で決まるトラック幅を高精度に規制することが可能である。

#### 【 0 0 4 9 】

また本発明では、前記(f)工程後に、前記上部磁極層上に上部コア層を連続

してメッキ形成し、前記（f）工程で、前記上部磁極層及び下部磁極層を前記上部コア層よりも高い飽和磁束密度を有する材質で形成することが好ましい。

【 0 0 5 0 】

また本発明では、前記（f）工程で、前記上部磁極層及び下部磁極層を前記下部コア層、隆起層及びバックギャップ層よりも高い飽和磁束密度を有する材質で形成することが好ましい。

【 0 0 5 1 】

本発明では、前記平坦化面上に下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層、さらには上部コア層を設けることで、これらの各層の材質の選択の幅が広がり、記録媒体との対向面で磁極部として機能する下部磁極層及び上部磁極層に高い飽和磁束密度を有する材質を選択できる。しかも下部磁極層及び上部磁極層はG d 決め層よりもさらにハイト方向後方に延び、この部分ではヨーク部として機能するが、このヨーク部にも高い飽和磁束密度を有する層が存在することになるため、磁束効率に優れた薄膜磁気ヘッドを製造することが可能になっている。

【 0 0 5 2 】

また本発明では、前記（f）工程で、前記上部磁極層の平面形状は、前記対向面でトラック幅の幅寸法を持ち、ハイト方向に向けてこの幅寸法を保ちながら、あるいはハイト方向に向けてトラック幅よりも幅寸法が広がる先端部と、前記先端部のハイト側の両側基端からハイト方向に向けてトラック幅方向への幅がさらに広がる後端部とを有して形成し、下部磁極層、ギャップ層及び上部コア層の平面形状も、前記上部磁極層の平面形状と同じとすることが好ましい。

【 0 0 5 3 】

また本発明では、前記（e）工程で、前記G d 決め層の記録媒体との対向面側に位置する前端面と下面との境界部を前記隆起層の上に形成するとともに、前記隆起層のハイト側に位置する後端面と上面との境界部から前記G d 決め層のハイト側に位置する後端面と下面との境界部までのハイト方向と平行な方向の長さ寸法が、前記G d 決め層の最大膜厚よりも大きくなるように、前記G d 決め層を前記隆起層上からコイル絶縁層上にかけて形成することが好ましい。

【 0 0 5 4 】

また本発明では、前記G d 決め層の前記後端面と下面との境界部が、前記バックギャップ層の記録媒体との対向面と上面との境界部上に、あるいは前記バックギャップ層上に位置し、前記コイル絶縁層の上面と前記下部磁極層の下面間に前記G d 決め層が介在するように、前記G d 決め層を前記隆起層上からコイル絶縁層上、あるいは前記隆起層上からコイル絶縁層上およびバックギャップ層上にかけて形成することがより好ましい。

## 【 0 0 5 5 】

また本発明では、前記（d）工程と（e）工程との間に、少なくともG d 決め層のハイト側に位置する後端面と、バックギャップ層の記録媒体との対向面側に位置する前端面との間に位置する前記平坦化面上に第1メッキ下地層を形成し、前記第1メッキ下地層上に前記下部磁極層をメッキ形成することが好ましい。このとき前記第1メッキ下地層を非磁性金属材料で形成してもよい。

## 【 0 0 5 6 】

また本発明では、前記隆起層上に第2メッキ下地層を形成し、このとき前記第1メッキ下地層と第2メッキ下地層とを分離して形成し、少なくともG d 決め層を前記第1メッキ下地層と第2メッキ下地層との間の隙間に埋め、前記第2メッキ下地層を磁性材料で形成し、前記第2メッキ下地層上に前記下部磁極層をメッキ形成することが好ましい。

## 【 0 0 5 7 】

また本発明では、前記G d 決め層上には部分的に第3メッキ下地層を設け、前記第3メッキ下地層上に上部磁極層をメッキ形成することが好ましい。

## 【 0 0 5 8 】

さらに本発明では、前記コイル層を、前記下部コア層表面と平行な平面上であって、前記バックギャップ層を中心としてその周囲に巻回形成してもよいし、あるいは前記コイル層を、下部コア層、隆起層及びバックギャップ層に囲まれた空間内に互いに平行に形成された複数本の第1コイル片と、前記上部磁極層上に絶縁層を介して互いに平行に形成された複数本の第2コイル片とを有して構成し、前記第1コイル片と第2コイル片は互いに非平行をなしており、

前記上部磁極層の膜厚方向で対向する第1コイル片の一端部と第2コイル片の

一端部とを接続部を介して接続してトロイダル状のコイル構造を構成してもよい。

【 0 0 5 9 】

【発明の実施の形態】

図 1 は、本発明における第 1 実施形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分縦断面図、図 2 は図 1 に示す薄膜磁気ヘッドの一部の構造を示した部分拡大斜視図、図 3 及び図 4 は図 1 に示す薄膜磁気ヘッドのメッキ下地層のパターンを示すための部分縦断面図である。

【 0 0 6 0 】

なお以下では図示 X 方向をトラック幅方向と呼び、図示 Y 方向をハイト方向と呼ぶ。また図示 Z 方向は記録媒体（磁気ディスク）の進行方向である。また薄膜磁気ヘッドの前端面（図示最左面）を「記録媒体との対向面」と呼ぶ。

【 0 0 6 1 】

符号 2 0 はアルミナチタンカーバイト（ $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ ）などで形成された基板であり、前記基板 2 0 上に  $\text{Al}_2\text{O}_3$  層 2 1 が形成されている。

【 0 0 6 2 】

前記  $\text{Al}_2\text{O}_3$  層 2 1 上には、NiFe 系合金やセンダストなどで形成された下部シールド層 2 2 が形成され、前記下部シールド層 2 2 の上に  $\text{Al}_2\text{O}_3$  など形成された下部ギャップ層 2 3 が形成されている。

【 0 0 6 3 】

前記下部ギャップ層 2 3 の上の記録媒体との対向面付近には、スピンバルブ型薄膜素子などの GMR 素子に代表される磁気抵抗効果素子 2 4 が形成され、前記磁気抵抗効果素子 2 4 のトラック幅方向（図示 X 方向）の両側にはハイト方向（図示 Y 方向）に長く延びる電極層 2 5 が形成されている。

【 0 0 6 4 】

前記磁気抵抗効果素子 2 4 上及び電極層 2 5 上には  $\text{Al}_2\text{O}_3$  など形成された上部ギャップ層 2 6 が形成され、前記上部ギャップ層 2 6 上には NiFe 系合金などで形成された上部シールド層 2 7 が形成されている。

【 0 0 6 5 】

前記下部シールド層 2 2 から前記上部シールド層 2 7 までを再生用ヘッド (M R ヘッド) と呼ぶ。

## 【 0 0 6 6 】

図 1 に示すように前記上部シールド層 2 7 上には、 $Al_2O_3$  などで形成された分離層 2 8 が形成されている。なお前記上部シールド層 2 7 及び分離層 2 8 が設けられておらず、前記上部ギャップ層 2 6 上に次の下部コア層 2 9 が設けられていてもよい。かかる場合、前記下部コア層 2 9 が上部シールド層をも兼ね備える。

## 【 0 0 6 7 】

そして前記分離層 2 8 の上に下部コア層 2 9 が形成されている。前記下部コア層 2 9 は  $NiFe$  系合金などの磁性材料で形成される。前記下部コア層 2 9 は記録媒体との対向面からハイト方向 (図示 Y 方向) に所定の長さ寸法で形成される。前記下部コア層 2 9 の基端面 2 9 a から一定の間隔をおいてハイト側に前記下部コア層 2 9 表面と同じ高さの表面を有する持上げ層 3 0 が形成され、前記下部コア層 2 9 と前記持ち上げ層 3 0 間は  $Al_2O_3$  などの非磁性材料層 3 1 によって埋められている。前記下部コア層 2 9、持上げ層 3 0 及び非磁性材料層 3 1 の各層の表面は連続した平坦化面である。

## 【 0 0 6 8 】

前記下部コア層 2 9 上には記録媒体との対向面からハイト方向 (図示 Y 方向) にかけて所定の長さ寸法  $L_1$  (図 2 を参照) で形成された隆起層 3 2 が形成されている。さらに前記隆起層 3 2 のハイト方向後端面 3 2 a からハイト方向 (図示 Y 方向) に所定距離離れた位置にバックギャップ層 3 3 が前記下部コア層 2 9 上に形成されている。

## 【 0 0 6 9 】

前記隆起層 3 2 及びバックギャップ層 3 3 は磁性材料で形成され、前記下部コア層 2 9 と同じ材質で形成されてもよいし、別の材質で形成されていてもよい。また前記隆起層 3 2 及びバックギャップ層 3 3 は単層であってもよいし多層の積層構造で形成されていてもよい。前記隆起層 3 2 及びバックギャップ層 3 3 は前記下部コア層 2 9 に磁氣的に接続されている。

## 【 0 0 7 0 】

図 1 に示すように、前記下部コア層 2 9 及び持上げ層 3 0 上には  $Al_2O_3$  や  $SiO_2$  などの絶縁材料で形成されたコイル絶縁下地層 3 4 が形成され、前記コイル絶縁下地層 3 4 上には、前記バックギャップ層 3 3 を中心にしてその周囲に巻回形成されたコイル層 3 5 が形成されている。

## 【 0 0 7 1 】

図 1 に示すように前記バックギャップ層 3 3 よりも記録媒体との対向面側に形成されるコイル層 3 5 の各導体部は、前記下部コア層 2 9、隆起層 3 2 及びバックギャップ層 3 3 で囲まれた空間内に形成されている。

## 【 0 0 7 2 】

前記コイル層 3 5 上は  $Al_2O_3$  などのコイル絶縁層 3 6 で埋められている。図 1 に示すように前記コイル層 3 5 の巻き中心部 3 5 a 上や巻き終端部 3 5 b 上にはそれぞれ底上げ層 3 7 が形成されている。前記底上げ層 3 7 は例えば前記隆起層 3 2 やバックギャップ層 3 3 と同じ材質の磁性材料で形成される。

## 【 0 0 7 3 】

図 1 に示すように前記隆起層 3 2 の上面、コイル絶縁層 3 6 の上面、及び底上げ層 3 7 の上面は図 1 に示す基準面 A に沿った連続した平坦化面となっている。

## 【 0 0 7 4 】

図 1 に示すように、前記平坦化面上には、前記記録媒体との対向面からハイト方向（図示 Y 方向）に最小距離  $L_2$  離れた位置からハイト方向に向けて G d 決め層 3 8 が形成されている。

## 【 0 0 7 5 】

図 1 に示す実施形態では前記 G d 決め層 3 8 の前端面 3 8 a は、隆起層 3 2 上にあり、また前記 G d 決め層 3 8 の後端面 3 8 b はコイル絶縁層 3 6 上にある。

## 【 0 0 7 6 】

また図 1 に示すように、記録媒体との対向面から前記 G d 決め層 3 8 の前端面 3 8 a までの隆起層 3 2 上、前記 G d 決め層 3 8 の後端面 3 8 b よりハイト方向のコイル絶縁層 3 6 上、及び前記バックギャップ層 3 3 上に、下から下部磁極層 3 9 及びギャップ層 4 0 が形成されている。この実施形態では前記下部磁極層 3



9 及びギャップ層 4 0 はメッキ形成されている。

【 0 0 7 7 】

また図 1 に示すように前記ギャップ層 4 0 上及び G d 決め層 3 8 上には、上部磁極層 4 1 がメッキ形成され、さらに前記上部磁極層 4 1 上には上部コア層 4 2 がメッキ形成されている。

【 0 0 7 8 】

また図 1 では、前記基準面 A から露出する前記底上げ層 3 7 上に引出し部 4 3 が形成されている。

【 0 0 7 9 】

図 1 に示す薄膜磁気ヘッドの特徴的部分について説明する。

図 1 では、下部コア層 2 9 上には記録媒体との対向面側に隆起層 3 2 が、ハイト側にバックギャップ層 3 3 が形成され、前記下部コア層 2 9、前記隆起層 3 2 及びバックギャップ層 3 3 で囲まれた空間内にコイル層 3 5 が埋め込められている。そして前記基準面 A に対し、前記隆起層 3 2 の上面、前記コイル絶縁層 3 6 の上面及びバックギャップ層 3 3 の上面は連続した平坦化面をなし、この平坦化面上に下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0、上部磁極層 4 1 及び上部コア層 4 2 の 4 層がメッキ形成されている。

【 0 0 8 0 】

このように前記 4 層を平坦化された面上に形成できるので、前記 4 層を所定形状に高精度に形成することができる。特に前記上部磁極層 4 1 の記録媒体との対向面でのトラック幅方向（図示 X 方向）における幅はトラック幅  $T_w$  として規制される部分であるから、前記上部磁極層 4 1 を平坦化面上に形成できることで、前記トラック幅  $T_w$  を所定寸法に高精度に規制でき、この実施形態では前記トラック幅  $T_w$  を  $0.1 \mu m \sim 0.3 \mu m$  の範囲内で形成することができる。

【 0 0 8 1 】

また前記隆起層 3 2 上とバックギャップ層 3 3 上間を直線状の前記 4 層で結んで磁路長を形成するため、上部コア層 4 2 下の層が盛り上がって形成される従来に比べて磁路長を短くできる。

【 0 0 8 2 】

このため前記薄膜磁気ヘッドを構成するコイル層 3 5 のターン数を少なくしても一定の記録特性を維持することができ、ターン数を減らせることでコイル抵抗を低減できるから薄膜磁気ヘッドの駆動時においても薄膜磁気ヘッドの発熱を抑え、この結果、ギャップ層 4 0 が記録媒体との対向面から突き出す等の問題を抑制することができる。

## 【 0 0 8 3 】

また磁路長を短くできるので磁界反転速度を上げることができ、高周波特性に優れた薄膜磁気ヘッドを形成することができる。

## 【 0 0 8 4 】

さらに図 1 に示す薄膜磁気ヘッドではコイル層 3 5 を覆うコイル絶縁層 3 6 にレジストなどの有機絶縁材料を用いる必要がなく、無機絶縁材料を用いることができる。よって薄膜磁気ヘッドの熱膨張係数を低減させることができる。

## 【 0 0 8 5 】

次に図 1 に示す薄膜磁気ヘッドでは、前記隆起層 3 2 の上面からコイル絶縁層 3 6 の上面の平坦化面にかけて G d 決め層 3 8 が形成され、前記 G d 決め層 3 8 の少なくとも前端面 3 8 a よりも記録媒体との対向面側に位置する下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0 及び上部磁極層 4 1 は磁極層として機能し、前記 G d 決め層 3 8 の少なくとも後端面 3 8 b よりもハイト側に位置する下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0 及び上部磁極層 4 1 はヨーク層として機能している。

## 【 0 0 8 6 】

すなわち下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0、および上部磁極層 4 1 は、隆起層 3 2 上からバックギャップ層 3 3 上まで延びて形成されているが、G d 決め層 3 8 の前後で機能が分離されており、この機能の分離によって薄膜磁気ヘッドの記録特性の性能を向上させることが可能になっている。

## 【 0 0 8 7 】

また図 1 に示す実施形態では前記下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0、上部磁極層 4 1 及び上部コア層 4 2 の 4 層をすべてメッキ形成しており、これら 4 層を同じフレームでメッキ形成することができ、形成が非常に容易である。また 4 層メッキ構造とすることで、特に上部磁極層 4 1 の前記対向面の幅寸法で決まるトラ

ック幅  $T_w$  を所定寸法に高精度に規制でき、従来のようにトリミング処理などを施してトラック幅  $T_w$  を小さくする必要性が無い。

## 【 0 0 8 8 】

またこれら 4 層を同じフレームでメッキ形成しているから、これら 4 層の平面形状はすべて同じ形状になる。

## 【 0 0 8 9 】

図 2 に示すこれら 4 層の斜視図は一例である。図 2 では、下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0、上部磁極層 4 1 及び上部コア層 4 2 の平面形状は、記録媒体との対向面でトラック幅方向（図示 X 方向）に一定の幅寸法を有し、ハイト方向（図示 Y 方向）に向けてこの幅寸法を保ちながら延びる先端部 B と、この先端部 B の両側基端 B 1、B 1 からハイト方向（図示 Y 方向）に向けてトラック幅方向への幅が徐々に広がる後端部 C とで構成されている。上記したように上部磁極層 4 1 の記録媒体との対向面のトラック幅方向（図示 X 方向）の幅寸法でトラック幅  $T_w$  が規制される。

## 【 0 0 9 0 】

なお前記先端部 B は、記録媒体との対向面からハイト方向に向けて徐々にトラック幅方向への幅寸法が広がる形状であってもよい。かかる場合、前記先端部 B の両側基端 B 1 からはハイト方向へさらにトラック幅方向への幅寸法が広がった後端部 C が形成される。

## 【 0 0 9 1 】

また先端部 B の両側基端 B 1 と G d 決め層 3 8 の位置関係であるが、図 1 では、前記 G d 決め層 3 8 の後端面 3 8 b よりもハイト側に前記先端部 B の両側基端 B 1 があるが、前記両側基端 B 1 が、G d 決め層 3 8 上にあってもよい。

## 【 0 0 9 2 】

次に図 2 に示すようにギャップデプス（G d）は、前記ギャップ層 4 0 の上面 4 0 a の記録媒体との対向面から前記 G d 決め層 3 8 に突き当たるまでのハイト方向（図示 Y 方向）への長さで決められる。このため前記ギャップ層 4 0 は図 2 のように前記 G d 決め層 3 8 の前端面 3 8 a よりも記録媒体との対向面側と、G d 決め層 3 8 の後端面 3 8 b よりもハイト側とに分断されて形成されていること

が適切にギャップデプスを規制する上で好ましい。前記G d 決め層3 8 の前端面3 8 a は記録媒体との対向面からハイト方向（図示Y 方向）へ最小距離L 2 （図1 を参照）で0. 5 ～2. 0  $\mu$  m 程度であることが好ましい。また前記ギャップデプス（G d）は、0. 5 ～2. 0  $\mu$  m 程度であることが好ましい。

## 【0 0 9 3】

また前記G d 決め層3 8 の形状は図2 では矩形状であるが、縦断面が半楕円形状などどのような形状であってもよい。また前記G d 決め層3 8 はレジストなどの有機材料で形成あってもよいし無機材料であってもよい。前記G d 決め層3 8 をレジストなどで形成すると熱を与えることで前記G d 決め層3 8 の表面は丸みを帯びる。

## 【0 0 9 4】

次に下部磁極層3 9 及び上部磁極層4 1 の材質について説明する。前記下部磁極層3 9 及び上部磁極層4 1 は、上部コア層4 2 や下部コア層2 9、隆起層3 2 及びバックギャップ層3 3 よりも高い飽和磁束密度B s を有していることが好ましい。ギャップ層4 0 に対向する下部磁極層3 9 および上部磁極層4 1 が高い飽和磁束密度を有していることにより、ギャップ近傍に記録磁界を集中させ、記録密度を向上させることが可能になる。

## 【0 0 9 5】

また図1 に示すように、前記下部磁極層3 9 及び上部磁極層4 1 はG d 決め層3 8 よりもさらにハイト方向（図示Y 方向）の後方に延びており、コイル層3 5 上の近い位置に飽和磁束密度B s の高い領域を設けることができる。このため磁束効率を向上させることができ、記録特性に優れた薄膜磁気ヘッドを製造することが可能になる。

## 【0 0 9 6】

前記下部磁極層3 9 及び上部磁極層4 1 には、N i F e 合金やC o F e 合金、C o F e N i 合金などの磁性材料を使用でき、これら磁性材料は組成比を調整することで高飽和磁束密度B s を得ることができる。この実施形態において高飽和磁束密度B s とは1. 8 T 以上の飽和磁束密度を意味する。

## 【0 0 9 7】

また下部磁極層 3 9 及び上部磁極層 4 1 は単層構造であってもよいし多層の積層構造であってもよい。

【 0 0 9 8 】

また図 1 に示すギャップ層 4 0 は、非磁性金属材料で形成されて、下部磁極層 3 9 上にメッキ形成される。前記非磁性金属材料として、NiP、NiPd、NiW、NiMo、NiRh、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Crのうち1種または2種以上を選択することが好ましく、ギャップ層 4 0 は、単層構造でも多層構造で形成されていてもどちらであってもよい。

【 0 0 9 9 】

また前記ギャップ層 4 0 がNiP合金で形成されると、製造上の連続メッキ容易性に加えて、耐熱性に優れ、前記下部磁極層 3 9 及び上部磁極層 4 1 との密着性も良い。また下部磁極層 3 9 及び上部磁極層 4 1 との硬さも同等とすることができるので、例えばイオンミリング等により、下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0 及び上部磁極層 4 1 の記録媒体との対向面を加工する際の加工量も同等とすることができ加工性を向上させることができる。

【 0 1 0 0 】

なお、ギャップ層 4 0 はNiP合金であって元素Pの濃度は8質量%以上で15質量%以下であることが好ましい。これにより例えば発熱等の外的要因に対しても安定して非磁性であることが可能である。また、NiP合金等のギャップ層 4 0 の合金組成の測定は、SEMやTEM等の組合わされたX線分析装置や波形分散形線分析装置等で特定可能である。

【 0 1 0 1 】

次に上部コア層 4 2 について説明する。図 1 に示す上部コア層 4 2 もまた下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0 及び上部磁極層 4 1 とともにメッキ形成されたものであり平面形状もこれらの層と同じである。図 1 に示す実施形態では、前記上部コア層 4 2 を上部磁極層 4 1 上のほぼ平坦な面上に形成できるので、従来に比べて形成が非常に容易であるとともに前記上部コア層を所定形状に精度良く形成することができる。

【 0 1 0 2 】

前記上部コア層 4 2 は下部コア層 2 9 などと同等の磁性材料で形成され、単層で形成されてもよいし多層の積層構造で形成されてもよい。

#### 【 0 1 0 3 】

また前記上部コア層 4 2 は形成されなくてもよいが形成されていた方がよい。その理由は、上部磁極層 4 1 や下部磁極層 3 9 のように高飽和磁束密度を有する層はメッキ成長が非常に遅いため厚い膜厚が付きにくい。一方、上部コア層 4 2 は前記上部磁極層 4 1 や下部磁極層 3 9 ほど高い飽和磁束密度を必要とせず低い磁束密度でもよいからメッキ条件がシビアでなく厚い膜厚で形成しやすい。このため上部コア層 4 2 を設けることで記録特性の向上を図ることができる。

#### 【 0 1 0 4 】

なお前記上部コア層 4 2 の膜厚は概ね  $1\ \mu\text{m} \sim 3\ \mu\text{m}$  である。ちなみに下部磁極層 3 9 の膜厚は概ね  $0.1\ \mu\text{m} \sim 0.5\ \mu\text{m}$  であり、ギャップ層 4 0 の膜厚は概ね  $0.05\ \mu\text{m} \sim 0.15\ \mu\text{m}$  であり、上部磁極層 4 1 の膜厚は概ね  $0.1\ \mu\text{m} \sim 1\ \mu\text{m}$  である。

#### 【 0 1 0 5 】

次に隆起層 3 2 について以下に説明する。図 1 に示す実施形態では前記隆起層 3 2 は、下部コア層 2 9 とは別体で形成されたものであり、前記下部コア層 2 9 には磁氣的に接続されている。なお前記隆起層 3 2 は前記下部コア層 2 9 と一体で形成されていてもよい。前記隆起層 3 2 は前記下部コア層 2 9 と同じ材質で形成されてもよいが異なる材質であってもよい。また前記隆起層 3 2 は単層で形成されても多層の積層構造で形成されてもどちらでもよい。

#### 【 0 1 0 6 】

図 2 に示すように前記隆起層 3 2 の記録媒体との対向面でのトラック幅方向（図示 X 方向）における幅寸法 T 1 は、前記隆起層 3 2 上に乗っかる下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0、上部磁極層 4 1 及び上部コア層 4 2 の各層の記録媒体との対向面での幅寸法よりも広く形成される。前記幅寸法 T 1 は概ね  $5\ \mu\text{m} \sim 30\ \mu\text{m}$  である。また前記隆起層 3 2 のハイト方向における長さ寸法 L 1 は、概ね  $2\ \mu\text{m} \sim 3\ \mu\text{m}$  である。また前記隆起層 3 2 の厚さ寸法 H 1 は、概ね  $2.5\ \mu\text{m} \sim 4\ \mu\text{m}$  である。

## 【0107】

次に下部磁極層 3 9 を形成する際のメッキ下地層について以下に説明する。図 3 において図 1 と同じ符号が付けられている層は同じ層を示しているので説明を省略する。

## 【0108】

図 3 に示すように、記録媒体との対向面からハイト方向（図示 Y 方向）にかけて前記隆起層 3 2 上に第 2 メッキ下地層 5 0 が形成されている。この第 2 メッキ下地層 5 0 のハイト側後端面からハイト方向に所定距離離れた位置から、第 1 メッキ下地層 5 1 がコイル絶縁層 3 6 上に形成されている。前記第 1 メッキ下地層 5 1 は、前記コイル絶縁層 3 6 上からハイト方向（図示 Y 方向）にバックギャップ層 3 3 上にまでかけて形成されている。

## 【0109】

図 3 に示すように前記第 1 メッキ下地層 5 1 と第 2 メッキ下地層 5 0 との間に形成された空間部 5 2 を埋めさらにその前後の第 1 メッキ下地層 5 1 と第 2 メッキ下地層 5 0 上に乗り上げて G d 決め層 3 8 が形成されている。

## 【0110】

図 3 に示すように前記 G d 決め層 3 8 の前端面 3 8 a と記録媒体との対向面間に露出する第 2 メッキ下地層 5 0 上、および前記 G d 決め層 3 8 の後端面 3 8 b からハイト側に露出する第 1 メッキ下地層 5 1 上に下部磁極層 3 9 がメッキ形成され、さらに前記下部磁極層 3 9 上にギャップ層 4 0 がメッキ形成されている。

## 【0111】

図 3 では、第 1 メッキ下地層 5 1 と第 2 メッキ下地層 5 0 との間に空間部 5 2 を設け、この空間部 5 2 内に G d 決め層 3 8 を埋めている点に特徴がある。前記第 1 メッキ下地層 5 1 と第 2 メッキ下地層 5 0 とが繋がった一つのメッキ下地層として設けられると、このメッキ下地層が磁性材料で形成された場合、記録時に一部の磁束が本来のルートではない前記メッキ下地層内を通過して外部に漏れるため、これが磁気的なロスとなり、記録特性の低下に繋がりがやすくなるので、第 1 メッキ下地層 5 1 と第 2 メッキ下地層 5 0 との間に空間部 5 2 を設けている。

## 【0112】

次に前記第 1 メッキ下地層 5 1 は、磁性材料でなく C u などの非磁性金属材料で形成されてもよい。一方、第 2 メッキ下地層 5 0 は磁性材料で形成されていなければならない。それは前記第 2 メッキ下地層 5 0 は記録媒体との対向面に露出するからであり、前記第 2 メッキ下地層 5 0 が仮に非磁性金属材料で形成されていると前記第 2 メッキ下地層 5 0 が疑似ギャップとなり、記録特性の低下に繋がる。よって第 2 メッキ下地層 5 0 は磁性材料で形成されていることが必要であり、一方、記録媒体との対向面よりもハイト方向奥側に位置する第 1 メッキ下地層 5 1 にはそのような制限はない。

## 【 0 1 1 3 】

なお前記第 2 メッキ下地層 5 0 は形成されていなくてもよい。それは前記隆起層 3 2 表面をメッキ下地層の表面として機能させることができるからである。また前記第 1 メッキ下地層 5 1 は、少なくとも G d 決め層 3 8 の後端面 3 8 b とバックギャップ層 3 3 の前端面 3 3 a との間に位置する平坦化面上に形成されていればよく、バックギャップ層 3 3 上に形成されている第 1 メッキ下地層 5 1 の部分は、下部磁極層 3 9 をメッキ形成する前に除去したり、元々、第 1 メッキ下地層 5 1 がバックギャップ層 3 3 上に形成されないようにしておいてもよい。特に第 1 メッキ下地層 5 1 が非磁性金属材料で形成されているとき、前記バックギャップ層 3 3 上に形成された第 1 メッキ下地層 5 1 は磁気的なロスをもたらす層となるので、かかる場合、前記バックギャップ層 3 3 上に前記第 1 メッキ下地層 5 1 が形成されないようにすることが望ましい。

## 【 0 1 1 4 】

図 4 では、前記 G d 決め層 3 8 上に部分的に第 3 メッキ下地層 5 3 が形成されている。前記 G d 決め層 3 8 上に部分的に第 3 メッキ下地層 5 3 を設けた理由は、この上に形成される上部磁極層 4 1 のメッキ成長を良好にし、前記 G d 決め層 3 8 上にメッキ形成される上部磁極層 4 1 のメッキ厚が極端に薄くならないようにするためである。

## 【 0 1 1 5 】

また前記第 3 メッキ下地層 5 3 を G d 決め層 3 8 上に部分的に設ける理由は、仮に前記 G d 決め層 3 8 の前端面 3 8 a から前記 G d 決め層 3 8 の上面及び G d



決め層 3 8 の後端面 3 8 b にかけて広い範囲に第 3 メッキ下地層 5 3 を設けると、下部磁極層 3 9 やギャップ層 4 0 も前記 G d 決め層 3 8 上にメッキ成長しやすくなり、図 4 のように前記 G d 決め層 3 8 の前後に下部磁極層 3 9 とギャップ層 4 0 とを分離してメッキ形成することができなくなってしまう G d 決め層 3 8 を設けた効果が薄れてしまう。よって前記下部磁極層 3 9 及びギャップ層 4 0 が付かない位置の前記 G d 決め層 3 8 上に部分的に第 3 メッキ下地層 5 3 を設けることとしたのである。

## 【 0 1 1 6 】

図 5 は本発明における第 2 実施形態の薄膜磁気ヘッドの縦断面図、図 6 は図 5 に示す薄膜磁気ヘッドの部分正面図、図 7 はコイル層のコイル形状を真上から見た部分正面図である。なお図 6 は隆起層 3 2 などを図面から省略した部分正面図である。

## 【 0 1 1 7 】

図 5 において図 1 と同じ符号が付けられている層は図 1 と同じ層を示している。図 5 において図 1 と異なるのはコイル層の巻回の仕方である。

## 【 0 1 1 8 】

図 5 に示す薄膜磁気ヘッドでは、下部コア層 2 9、隆起層 3 2 及びバックギャップ層 3 3 に囲まれて形成された空間内に第 1 コイル片 5 5 が複数本、それぞれ平行に形成されている。

## 【 0 1 1 9 】

前記第 1 コイル片 5 5 は、真上から見ると図 7 のように例えばトラック幅方向（図示 X 方向）と平行な方向に並んで形成されている。

## 【 0 1 2 0 】

図 5 に示すように、下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0、上部磁極層 4 1 及び上部コア層 4 2 の 4 層 6 2 上には、例えば  $\text{Al}_2\text{O}_3$  などの絶縁材料で形成された絶縁層 5 8 が形成され、前記絶縁層 5 8 の上に第 2 コイル片 5 6 が複数本、それぞれ平行に形成されている。

## 【 0 1 2 1 】

前記第 2 コイル片 5 6 は、真上から見ると図 7 のように例えばトラック幅方向

(図示 X 方向) から斜めに傾いた方向に並んで形成されている。

【 0 1 2 2 】

このように前記第 1 コイル片 5 5 と第 2 コイル片 5 6 とは互いに非平行の関係にあり、図 6 及び図 7 に示すように、4 層 6 2 の膜厚方向 (図示 Z 方向) で対向する第 1 コイル片 5 5 の一端部 5 5 a と第 2 コイル片 5 6 の一端部 5 6 a とが接続部 6 1 を介して接続されている。なお図 6 の図示左側に示した点線の接続部 6 1 は、図面上見えている第 1 コイル片 5 5 の一つ後ろ側 (図示 Y 方向) に位置する第 1 コイル片 5 5 の一端部と、図面上見えている第 2 コイル片 5 6 の一端部 5 6 b とを接続している。

【 0 1 2 3 】

このように 4 層 6 2 の膜厚方向で対向する第 1 コイル片 5 5 の一端部と第 2 コイル片 5 6 の一端部とが接続部 6 1 を介して接続されてトロイダル状のコイル層 5 7 が形成されている。なお図 5 に示す符号 6 0 の層は  $\text{Al}_2\text{O}_3$  など形成された保護層であり、図 6 に示す符号 6 3 の層は例えばレジスト層であり、また図 5 や図 7 に示す符号 5 9 の層は引出し層である。前記引出し層 5 9 は第 2 コイル片 5 6 と同じ工程時に形成される。

【 0 1 2 4 】

図 5 ないし図 7 のようないわゆるトロイダル状のコイル層 5 7 を形成できるのは、隆起層 3 2 の上面、コイル絶縁層 3 6 の上面及びバックギャップ層 3 3 の上面を平坦化面で形成でき、この平坦化面上に下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0、上部磁極層 4 1 及び上部コア層 4 2 の 4 層 6 2 を形成できるからである。その結果、上部コア層 4 2 の上面をほぼ平坦化された面として形成でき、その上に第 2 コイル片 5 6 を所定形状に簡単に且つ精度良く形成することが可能になる。

【 0 1 2 5 】

図 1 に示す薄膜磁気ヘッドの製造方法を図 8 ないし図 1 4 に示す製造工程図を用いて以下に説明する。なお図 1 に示す下部コア層 2 9 から上部コア層 4 2 までの各層の形成方法について説明する。また各図の製造工程図は製造途中の薄膜磁気ヘッドの縦断面図である。

【 0 1 2 6 】

図 8 に示す工程では、NiFe 系合金等で形成された下部コア層 29 と持上げ層 30 とをメッキ形成し、前記下部コア層 29 と持上げ層 30 の間を  $Al_2O_3$  などの非磁性材料層 31 によって埋める。その後、CMP 技術等を用いて前記下部コア層 29 表面、非磁性材料層 31 表面及び持上げ層 30 表面を研磨加工し、平らな面とする。

## 【 0 1 2 7 】

次に図 9 に示す工程では、前記下部コア層 29 表面、非磁性材料層 31 表面及び持上げ層 30 表面に  $Al_2O_3$  などのコイル絶縁下地層 34 をスパッタ等で形成する。次に前記コイル絶縁下地層 34 上にコイル層 35 を巻回形成する。前記コイル層 35 は Cu などの非磁性導電材料でメッキ形成されたものである。

## 【 0 1 2 8 】

次に図 10 に示す工程では、記録媒体との対向面から前記コイル層 35 の前記対向面側の前端面までのコイル絶縁下地層 34、および前記下部コア層 29 の基端部付近に形成されたコイル絶縁下地層 34 をエッチングなどで除去した後、前記対向面からハイト方向（図示 Y 方向）に所定長さで前記下部コア層 29 上に隆起層 32 を形成し、同じ工程時に、前記下部コア層 29 の基端部上にバックギャップ層 33 を形成する。前記隆起層 32 及びバックギャップ層 33 と下部コア層 29 間にはコイル絶縁下地層 34 は無く、磁氣的に接続された状態になっている。

## 【 0 1 2 9 】

またこの図 10 工程で前記隆起層 32 及びバックギャップ層 33 を形成すると同時に、前記コイル層 35 の巻き中心部 35a 上、および巻き終端部 35b 上に底上げ層 37 を形成することが好ましい。

## 【 0 1 3 0 】

上記した隆起層 32、バックギャップ層 33 及び底上げ層 37 はレジスト（図示しない）にこれら層のパターンを露光現像により形成し、そのパターン内にスパッタ等で磁性材料層を埋めることで形成することができる。その後、前記レジスト層を除去する。

## 【 0 1 3 1 】

図 1 0 に示すように前記隆起層 3 2 の上面、バックギャップ層 3 3 の上面及び底上げ層 3 7 の上面をそれぞれほぼ同じ高さとなるように形成する。なお図 8 工程後、図 1 0 工程を施し、その後図 9 工程を施してもよい。このとき底上げ層 3 7 は、コイル層 3 5 を形成した後、新たな工程を用いて形成することになる。

#### 【 0 1 3 2 】

次に図 1 1 に示す工程では、前記コイル層 3 5 上、前記隆起層 3 2 上、バックギャップ層 3 3 上及び底上げ層 3 7 上を  $Al_2O_3$  などのコイル絶縁層 3 6 で覆う。前記コイル絶縁層 3 6 をスパッタ等で形成する。

#### 【 0 1 3 3 】

そして図 1 1 に示す D-D 線まで前記コイル絶縁層 3 6 を X-Y 平面と平行な方向から CMP 技術等を用いて削り込む。削り込みを終了した時点を示したのが図 1 2 である。

#### 【 0 1 3 4 】

図 1 2 では隆起層 3 2 の上面、コイル絶縁層 3 6 の上面、バックギャップ層 3 3 の上面及び底上げ層 3 7 の上面が基準面 A に沿った平坦化面として形成されている。そして図 1 2 に示すようにコイル層 3 5 は、コイル絶縁層 3 6 内に完全に埋められた状態になっている。

#### 【 0 1 3 5 】

次に図 1 3 工程では、まず図 3 に示す第 1 メッキ下地層 5 1 と第 2 メッキ下地層 5 0 をスパッタ等で前記平坦化面上に形成した後、記録媒体との対向面からハイト方向（図示 Y 方向）に所定距離だけ離れた位置で、且つ前記第 1 メッキ下地層 5 1 と第 2 メッキ下地層 5 0 間に形成された空間部 5 2 内を埋めるように G d 決め層 3 8 を形成する。前記 G d 決め層 3 8 は無機絶縁材料や有機絶縁材料で形成されてもよいが、ここでは前記 G d 決め層 3 8 をレジストなどの有機絶縁材料で形成する。前記 G d 決め層 3 8 を所定位置に形成した後、熱処理を施して前記 G d 決め層 3 8 を熱硬化する。このとき有機絶縁材料で形成された前記 G d 決め層 3 8 表面は丸みを帯びる。次に図 4 に示す第 3 メッキ下地層 5 3 を前記 G d 決め層 3 8 上に部分的に形成する。前記第 3 メッキ下地層 5 3 を部分的に形成する方法には幾つかあるが、例えば前記第 3 メッキ下地層 5 3 を形成しない G d 決め

層 3 8 上等をレジストで埋めておき、前記 G d 決め層 3 8 上に前記第 3 メッキ下地層 5 3 をスパッタ等で形成した後、前記レジストを除去する方法などが考えられる。図 3 で説明したように前記第 1 メッキ下地層 5 1 を非磁性金属材料で形成することもできる。また第 1 メッキ下地層 5 1 をバックギャップ層 3 3 上に形成しなくてもよいし、前記第 1 メッキ下地層 5 1 をバックギャップ層 3 3 上にも形成した場合には、その後、前記バックギャップ層 3 3 上の第 1 メッキ下地層 5 1 をエッチングで除去してもよい。さらに前記第 2 メッキ下地層 5 0 を形成しなくてもよく、形成した場合は前記第 2 メッキ下地層 5 0 を磁性材料で形成する。第 3 メッキ下地層 5 3 を磁性材料で形成しても非磁性金属材料で形成してもどちらでもよい。

## 【 0 1 3 6 】

次に図 1 4 に示す工程では、例えば平面形状が図 2 に示す先端部 B と後端部 C とからなるパターン 6 5 a が設けられたレジスト層 6 5 を形成し、このパターン 6 5 a 内に下から下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0、上部磁極層 4 1 及び上部コア層 4 2 を連続してメッキ形成する。

## 【 0 1 3 7 】

前記下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0、上部磁極層 4 1 及び上部コア層 4 2 の平面形状は、記録媒体との対向面からハイト方向（図示 Y 方向）に向けて細長形状の先端部 B と、この先端部 B の両側基端 B 1 からハイト方向にトラック幅方向（図示 X 方向）が広がる後端部 C とで構成されている。またこのとき前記上部磁極層 4 1 の前記対向面でのトラック幅方向（図示 X 方向）への幅寸法でトラック幅 T w が規制される。そして前記レジスト層 6 5 を除去する。

## 【 0 1 3 8 】

この図 1 4 工程では、下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0 及び上部磁極層 4 1 を記録媒体との対向面からバックギャップ層 3 3 上にまで延ばしてメッキ形成し、さらに前記上部磁極層 4 1 上に上部コア層 4 2 を連続してメッキ形成した点に特徴がある。

## 【 0 1 3 9 】

前記下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0 及び上部磁極層 4 1 は本来的には「磁極

」を構成する部分なので前記対向面から G d 決め層 3 8 上まで部分的に形成されるのが一般的である。

【 0 1 4 0 】

しかしこの工程では、あえて下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0 及び上部磁極層 4 1 をバックギャップ層 3 3 上まで延ばして形成し、G d 決め層 3 8 より後ろの下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0 及び上部磁極層 4 1 を上部コア層 4 2 と同様の「ヨーク部」として機能させているのである。

【 0 1 4 1 】

そしてこのように下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0 及び上部磁極層 4 1 をバックギャップ層 3 3 上まで延ばして形成したことで、前記上部磁極層 4 1 上に連続して上部コア層 4 2 をメッキ形成することが可能になったのである。

【 0 1 4 2 】

上記したように前記下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0 及び上部磁極層 4 1 を部分的に形成した場合、この 3 層の後ろには一般的にコイル層や絶縁層などが形成されるが、かかる場合、前記上部磁極層 4 1 上からその後ろの層上にかけて C M P 技術等を施して前記上面を平坦化する工程が必要となり、この平坦化処理工程後に、上部コア層 4 2 を形成していた。しかし図 1 4 工程では、下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0 及び上部磁極層 4 1 をバックギャップ層 3 3 上まで延ばして形成したことで、前記平坦化処理工程は必要なく、前記上部磁極層 4 1 上に直接に上部コア層 4 2 をメッキ形成することが可能である。よって前記上部コア層 4 2 の形成が少ない工程数で容易で且つ前記上部コア層 4 2 をほぼ平坦化された上部磁極層 4 1 上に形成できるので、前記上部コア層 4 2 を所定形状に高精度に形成することが可能である。

【 0 1 4 3 】

また図 1 4 工程では、上部磁極層 4 1 及び下部磁極層 3 9 を上部コア層 4 2 や、下部コア層 2 9、隆起層 3 2 及びバックギャップ層 3 3 よりも高い飽和磁束密度を有する材質で形成することが可能である。これによりギャップ近傍に記録磁界を集中させ、記録密度を向上させることが可能になり、またコイル層 3 5 上の近い位置に飽和磁束密度の高い層を設けることで磁束効率が良くなり記録特性の

向上を図ることが可能である。

【 0 1 4 4 】

また、図 1 4 工程では、ギャップ層 4 0 をメッキ形成するので、前記ギャップ層 4 0 をメッキ形成可能な非磁性金属材料で形成することが好ましい。前記ギャップ層 4 0 を NiP、NiPd、NiW、NiMo、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Cr のうち 1 種または 2 種以上から選択された材質で形成することが好ましい。これら材料を使用することで前記ギャップ層 4 0 を所定の膜厚まで適切にメッキ形成することができ、また前記ギャップ層 4 0 を適切に非磁性にできる。

【 0 1 4 5 】

また前記ギャップ層 4 0 が NiP 合金で形成されると、メッキ容易性に加えて、耐熱性に優れ、また上部磁極層 4 1 との密着性も良い。またギャップ層 4 0 は NiP 合金であって元素 P の濃度は 8 質量%以上で 1 5 質量%以下であることが好ましい。これにより例えば発熱等の外的要因に対しても安定して非磁性であることが可能である。また、NiP 合金等のギャップ層 4 0 の合金組成の測定は、SEM や TEM 等の組合わされた X 線分析装置や波形分散形線分析装置等で特定可能である。

【 0 1 4 6 】

また図 5 ないし図 7 に示すトロイダル状のコイル層 5 7 を形成するときは、図 9 工程で複数の第 1 コイル片 5 5 を形成し、図 1 0 工程で、隆起層 3 2 やバックギャップ層 3 3 の形成と同時に図 6 や図 7 に示す接続部 6 1 を形成し、さらに図 1 4 工程後に前記上部コア層 4 2 上に絶縁層 5 8 やレジスト層 6 3 を形成した後、前記絶縁層 5 8 上に複数本の第 2 コイル片 5 6 を形成し、このとき前記第 2 コイル片 5 6 の一端部を前記接続部 6 1 上に磁氣的に接続させ、トロイダル状となるコイル層 5 7 を形成すればよい。

【 0 1 4 7 】

以上のように上記した薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、平坦化された面上に、下部磁極層、ギャップ層、上部磁極層及び上部コア層を製造工程数が少なく簡単に且つ所定形状に高精度にメッキ形成できる。

【 0 1 4 8 】

図 1 5 は本発明における第 3 実施形態の第 1 の例の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分縦断面図、図 1 6 は図 1 5 に示す薄膜磁気ヘッドの一部の構造を示した部分拡大斜視図、図 1 7 は図 1 5 に示す薄膜磁気ヘッドの部分平面図、図 1 8 は図 1 5 に示す薄膜磁気ヘッドの部分縦断面図である。

## 【 0 1 4 9 】

図 1 5 に示す薄膜磁気ヘッドは図 1 ないし図 4 に示す薄膜磁気ヘッドとほぼ同様の構造で構成されている。したがって、図 1 5 に示す薄膜磁気ヘッドの構造部分のうち、図 1 ないし図 4 に示す薄膜磁気ヘッドと同様の構造部分には同様の符号を付して、その詳しい説明を省略する。

## 【 0 1 5 0 】

図 1 5 に示す薄膜磁気ヘッドでも、隆起層 3 2 の上面、コイル絶縁層 3 6 の上面、バックギャップ層 3 3 の上面および底上げ層 3 7 の上面は、図 1 5 に示す基準面 A に沿った連続した平坦化面となっている。

## 【 0 1 5 1 】

前記平坦化面上には、記録媒体との対向面からハイト方向（図示 Y 方向）に最小距離離れた位置からハイト方向に向けて G d 決め層 1 3 8 が形成されている。前記 G d 決め層 1 3 8 の前端面 1 3 8 a は前記隆起層 3 2 上に位置し、また前記 G d 決め層の後端面 1 3 8 b は前記コイル絶縁層 3 6 上に位置するように形成されている。

## 【 0 1 5 2 】

図 1 7 に示すように、前記 G d 決め層 1 3 8 のトラック幅方向の幅寸法 W 1 は、前記上部コア層 4 2 のトラック幅方向における最大幅寸法 W 2 よりも若干大きく形成されていることが好ましい。その理由は以下に述べるとおりである。

## 【 0 1 5 3 】

すなわち、前記 G d 決め層 1 3 8 が形成されているため、前記上部磁極層 4 1 には、G d 決め層 1 3 8 の前記厚さ寸法 T 2 に起因する段差部が生じる。この上部磁極層 4 1 の上にはメッキ下地層を介して上部コア層 4 2 がメッキ形成され、前記上部コア層 4 2 にも前記段差部が形成される。ここで、前記 G d 決め層 1 3 8 の前記幅寸法 W 1 が、前記上部コア層 4 2 の前記最大幅寸法 W 2 よりも小さく



形成されていると、前記上部コア層 4 2 を形成するためのメッキ下地層には前記 G d 決め層 1 3 8 の両側端縁 1 3 8 d, 1 3 8 e によって生じるハイト方向に延びる 2 つの段差部と、前記 G d 決め層 1 3 8 の後端面 1 3 8 b によって生じるトラック幅方向に延びる 1 つの段差部が生じる。前記メッキ下地層に段差部が形成されると、メッキ下地層が前記段差部で欠損し易くなり、メッキ下地層に欠損が生じると、上部コア層 4 2 がメッキ形成され難くなる。

## 【 0 1 5 4 】

しかし、前記 G d 決め層 1 3 8 の前記幅寸法 W 1 を、前記上部コア層 4 2 の前記最大幅寸法 W 2 よりも大きく構成すると、前記 G d 決め層 1 3 8 の両側端縁 1 3 8 d, 1 3 8 e が前記上部コア層 4 2 を形成するためのメッキ下地層の外側に位置するため、前記メッキ下地層には前記 G d 決め層 1 3 8 の両側端縁 1 3 8 d, 1 3 8 e による段差部は形成されない。したがって、前記メッキ下地層に生じる段差部の数を少なくすることが可能となり、上部コア層 4 2 の品質を向上させることができる。

## 【 0 1 5 5 】

前記 G d 決め層 1 3 8 は、前記隆起層 3 2 の後端面 3 2 a と接触する接触部 1 3 8 c から、前記 G d 決め層 1 3 8 の後端面 1 3 8 b までの長さ寸法を L 3 としたとき、前記 L 3 は前記 G d 決め層 1 3 8 の厚さ寸法 T 1 よりも大きく形成されている。ここで、前記長さ寸法 L 3 が前記厚さ寸法 T 1 よりも小さく構成されていると、発生した磁束は前記対向面において前記上部磁極層 4 1 から下部磁極層 3 9 に向って流れる前に、前記 G d 決め層 1 3 8 の前記後端面 1 3 8 b の近傍で、上部磁極層 4 1 から下部磁極層 3 9 に流れ易くなり、磁束の漏れが生じ易くなる。これは、磁束は磁気抵抗が小さい所ほど流れ易くなる性質を持っているからであり、特に、前記 G d 決め層 1 3 8 の後端面 1 3 8 b に形成された角部 1 3 8 P から、前記隆起層 3 2 の前記後端面 3 2 a に形成された角部 3 2 Q に向って前記磁束が流れ易くなる。

## 【 0 1 5 6 】

しかし、図 1 5 に示す薄膜磁気ヘッドでは図 1 8 に示すように、前記長さ寸法 L 3 が前記厚さ寸法 T 1 よりも大きく構成されているため、前記 G d 決め層 1 3

8の前記角部138Pから前記隆起層32の前記後端面32aに形成された前記角部32Qまでの長さ寸法を大きくすることができる。そのため、前記角部138Pから前記角部32Qに向って磁束が流れ難くなり、前記対向面において磁界が発生し易くなる。したがって、図15に示す薄膜磁気ヘッドでは記録効率を大きくすることができる。

## 【0157】

図19は本発明における第3実施形態の第2の例の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分縦断面図、図20は図19に示す薄膜磁気ヘッドの一部の構造を示した部分拡大斜視図、図21は図19に示す薄膜磁気ヘッドの部分平面図、図22は図19に示す薄膜磁気ヘッドの部分縦断面図である。

## 【0158】

図19に示す薄膜磁気ヘッドも図1ないし図4に示す薄膜磁気ヘッドとほぼ同様の構造で構成されている。したがって、図19に示す薄膜磁気ヘッドの構造部分のうち、図1ないし図4に示す薄膜磁気ヘッドと同様の構造部分には同様の符号を付して、その詳しい説明を省略する。

## 【0159】

図19に示す薄膜磁気ヘッドでは、コイル層135の上面が図19に示す基準面Aに形成されており、隆起層32の上面、コイル層135の上面、コイル絶縁層36の上面、バックギャップ層33の上面および底上げ層37の上面が、前記基準面Aに沿った連続した平坦化面となっている。

## 【0160】

前記平坦化面上には、記録媒体との対向面からハイト方向（図示Y方向）に最小距離離れた位置からハイト方向に向けてGd決め層238が形成されている。前記Gd決め層238の前端面238aは前記隆起層32上に位置し、また前記Gd決め層の後端面238bは前記バックギャップ層33上に位置するように形成されている。あるいは、前記Gd決め層の後端面238bは前記ギャップ層33の上面と、前記バックギャップ層33の記録媒体と対向する側の面である前端面33aとの境界部33b上に位置するように構成しても良い。

## 【0161】

図 1 9 に示す薄膜磁気ヘッドでは、前記コイル層 1 3 5 の上部に前記 G d 決め層 1 3 8 が形成されており、この G d 決め層 1 3 8 は有機絶縁材料で形成されている。したがって、前記コイル層 1 3 5 の上面を前記基準面 A まで延ばして前記 G d 決め層 1 3 8 の下面に接触するように形成しても、前記コイル層 1 3 5 を絶縁することができる。したがって、前記コイル層 1 3 5 の断面積を大きくすることができ、抵抗を小さくすることが可能となる。ただし、本発明はこれに限定されるものではなく、前記図 1 5 に示す薄膜磁気ヘッドと同様に、前記コイル層 1 3 5 の上面を前記基準面 A よりも下方に位置するように構成し、前記コイル層 1 3 5 の上面に前記コイル絶縁層 3 6 を形成して構成しても良い。

## 【 0 1 6 2 】

図 1 9 に示す薄膜磁気ヘッドも上部コア層 4 2 の品質を向上するため、図 1 5 に示す薄膜磁気ヘッドと同様、図 2 1 に示すように前記 G d 決め層 2 3 8 のトラック幅方向の幅寸法 W 3 は、前記上部コア層 4 2 のトラック幅方向の最大幅寸法 W 2 よりも大きく形成することが好ましい。

## 【 0 1 6 3 】

前記 G d 決め層 2 3 8 が前記隆起層 3 2 の後端面 3 2 a と接触する接触部 2 3 8 c から、前記 G d 決め層 2 3 8 の後端面 2 3 8 b までの長さ寸法を L 4 としたとき、前記 L 4 は前記 G d 決め層 2 3 8 の厚さ寸法 T 2 よりも大きく形成されている。したがって、図 1 9 に示す薄膜磁気ヘッドでも、前記 G d 決め層 2 3 8 に形成された角部 2 3 8 P から前記隆起層 3 2 の前記後端面 3 2 a に形成された前記角部 3 2 Q までの長さ寸法を大きくすることができるため、前記角部 2 3 8 P から前記角部 3 2 Q に向って磁束が流れ難くなり、前記対向面において磁界が発生し易くなる。したがって、図 1 8 に示す薄膜磁気ヘッドでも記録効率を大きくすることができる。

## 【 0 1 6 4 】

図 2 3 は本発明の第 4 実施形態の第 1 の例の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分縦断面図である。図 2 3 に示す薄膜磁気ヘッドは図 5 ないし図 7 に示す薄膜磁気ヘッドとほぼ同様の構造で構成されている。したがって、図 2 3 に示す薄膜磁気ヘッドの構造部分のうち、図 5 ないし図 7 に示す薄膜磁気ヘッドと同様の構造部

分には同様の符号を付して、その詳しい説明を省略する。

【 0 1 6 5 】

図 2 3 に示す薄膜磁気ヘッドの隆起層 3 2 の上面、コイル絶縁層 3 6 の上面、バックギャップ層 3 3 の上面および前記ギャップバック層 3 3 のハイト方向に所定距離離れた底上げ層 3 7 (図示せず) の上面は、図 2 3 に示す基準面 A に沿った連続した平坦化面となっている。前記平坦化面上には、記録媒体との対向面からハイト方向 (図示 Y 方向) に最小距離離れた位置からハイト方向に向けて G d 決め層 3 3 8 が形成されている。前記 G d 決め層 3 3 8 の前端面 3 3 8 a は、図 1 5 に示す薄膜磁気ヘッドと同様に前記隆起層 3 2 上に位置し、また前記 G d 決め層の後端面 3 3 8 b は前記コイル絶縁層 3 6 上に位置するように形成されている。

【 0 1 6 6 】

図 2 3 に示す薄膜磁気ヘッドも上部コア層 4 2 の品質を向上するため、図 1 5 に示す薄膜磁気ヘッドと同様、前記 G d 決め層 3 3 8 のトラック幅方向の幅寸法は、前記上部コア層 4 2 のトラック幅方向の最大幅寸法よりも大きく形成することが好ましい。

【 0 1 6 7 】

前記 G d 決め層 3 3 8 が前記隆起層 3 2 の後端面 3 2 a と接触する接触部 3 3 8 c から、前記 G d 決め層 3 3 8 の後端面 3 3 8 b までの長さ寸法を L 5 としたとき、前記 L 5 は前記 G d 決め層 3 3 8 の厚さ寸法 T 3 よりも大きく形成されている。したがって、図 2 3 に示す薄膜磁気ヘッドでも、前記 G d 決め層 3 3 8 に形成された角部 3 3 8 P から前記隆起層 3 2 の前記後端面 3 2 a に形成された前記角部 3 2 Q までの長さ寸法を大きくすることができるため、前記角部 3 3 8 P から前記角部 3 2 Q に向って磁束が流れ難くなり、前記対向面において磁界が発生し易くなる。したがって、図 2 3 に示す薄膜磁気ヘッドでも記録効率を大きくすることができる。

【 0 1 6 8 】

図 2 4 は本発明の第 4 実施形態の第 2 の例の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分縦断面図である。図 2 4 に示す薄膜磁気ヘッドも図 5 ないし図 7 に示す薄膜磁気

ヘッドとほぼ同様の構造で構成されている。したがって、図 2 4 に示す薄膜磁気ヘッドの構造部分のうち、図 5 ないし図 7 に示す薄膜磁気ヘッドと同様の構造部分には同様の符号を付して、その詳しい説明を省略する。

## 【 0 1 6 9 】

図 2 4 に示す薄膜磁気ヘッドでは、コイル層 4 3 5 の上面が図 2 4 に示す基準面 A に形成されており、隆起層 3 2 の上面、コイル層 4 5 5 の上面、コイル絶縁層 3 6 の上面、バックギャップ層 3 3 の上面および底上げ層 3 7 の上面が、前記基準面 A に沿った連続した平坦化面となっている。

## 【 0 1 7 0 】

前記平坦化面上には、記録媒体との対向面からハイト方向（図示 Y 方向）に最小距離離れた位置からハイト方向に向けて G d 決め層 4 3 8 が形成されている。前記 G d 決め層 4 3 8 の前端面 4 3 8 a は図 1 9 に示す薄膜磁気ヘッドと同様に前記隆起層 3 2 上に位置し、また前記 G d 決め層の後端面 4 3 8 b は前記バックギャップ層 3 3 上に位置するように形成されている。あるいは、前記 G d 決め層の後端面 4 3 8 b は前記ギャップ層 3 3 の上面と前記前端面 3 3 a との境界部 3 3 b 上に位置するように構成しても良い。

## 【 0 1 7 1 】

図 2 4 に示す薄膜磁気ヘッドでは、前記コイル層 4 5 5 の上部に前記 G d 決め層 4 3 8 が形成されており、この G d 決め層 4 3 8 は有機絶縁材料で形成されている。したがって、前記コイル層 4 5 5 の上面を前記基準面 A まで延ばして前記 G d 決め層 4 3 8 の下面に接触するように形成しても、前記コイル層 4 5 5 を絶縁することができる。したがって、前記コイル層 4 5 5 の断面積を大きくすることができ、抵抗を小さくすることが可能となる。ただし、本発明はこれに限定されるものではなく、前記図 2 3 に示す薄膜磁気ヘッドと同様に、前記コイル層 4 5 5 の上面を前記基準面 A よりも下方に位置するように構成し、前記コイル層 4 5 5 の上面に前記コイル絶縁層 3 6 を形成して構成しても良い。

## 【 0 1 7 2 】

図 2 4 に示す薄膜磁気ヘッドも上部コア層 4 2 の品質を向上するため、図 1 5 に示す薄膜磁気ヘッドと同様、前記 G d 決め層 4 3 8 のトラック幅方向の幅寸法

は、前記上部コア層 4 2 のトラック幅方向の最大幅寸法よりも大きく形成することが好ましい。

#### 【 0 1 7 3 】

前記 G d 決め層 4 3 8 が前記隆起層 3 2 の後端面 3 2 a と接触する接触部 4 3 8 c から、前記 G d 決め層 4 3 8 の後端面 4 3 8 b までの長さ寸法を L 6 としたとき、前記 L 6 は前記 G d 決め層 4 3 8 の厚さ寸法 T 4 よりも大きく形成されている。したがって、図 2 4 に示す薄膜磁気ヘッドでも、前記 G d 決め層 4 3 8 に形成された角部 4 3 8 P から前記隆起層 3 2 の前記後端面 3 2 a に形成された前記角部 3 2 Q までの長さ寸法を大きくすることができるため、前記角部 4 3 8 P から前記角部 3 2 Q に向って磁束が流れ難くなり、前記対向面において磁界が発生し易くなる。したがって、図 2 4 に示す薄膜磁気ヘッドでも記録効率を大きくすることができる。

#### 【 0 1 7 4 】

図 1 5 に示す薄膜磁気ヘッドを製造するには、図 1 3 に示す工程で前記 G d 決め層 1 3 8 の前端面 1 3 8 a が前記隆起層 3 2 上に位置するように形成し、後端面 1 3 8 b が前記コイル絶縁層 3 6 上に位置するように形成する。このとき、前記長さ寸法 L 3 は、前記厚さ寸法 T 1 よりも大きくなるように形成する。

#### 【 0 1 7 5 】

図 1 9 に示す薄膜磁気ヘッドを製造する場合には、図 1 3 に示す工程で前記 G d 決め層 2 3 8 の前端面 2 3 8 a が前記隆起層 3 2 上に位置するように形成し、後端面 2 3 8 b が前記バックギャップ層 3 3 上に位置するように形成する。このとき、前記長さ寸法 L 4 は、前記厚さ寸法 T 2 よりも大きくなるように形成する。

#### 【 0 1 7 6 】

図 2 3 に示す薄膜磁気ヘッドは、図 1 5 に示した薄膜磁気ヘッドと同様、図 1 3 に示す工程で前記 G d 決め層 3 3 8 の前端面 3 3 8 a が前記隆起層 3 2 上に位置するように形成し、後端面 3 3 8 b が前記コイル絶縁層 3 6 上に位置するように形成する。このとき、前記長さ寸法 L 5 は、前記厚さ寸法 T 3 よりも大きくなるように形成する。

## 【 0 1 7 7 】

図 2 3 に示す薄膜磁気ヘッドにはトロイダル状のコイル層 5 7 が形成されている構造である。図 2 3 に示す薄膜磁気ヘッドを製造するには、図 9 に示す工程で第 1 のコイル片 5 5 を形成した後、図 1 0 に示す工程で隆起層 3 2 やバックギャップ層 3 3 の形成と同時に図 6 や図 7 に示す接続部 6 1 を形成し、さらに図 1 4 に示す工程後に前記上部コア層 4 2 上に絶縁層 5 8 やレジスト層 6 3 を形成した後、前記絶縁層 5 8 上に複数本の第 2 コイル片 5 6 を形成し、このとき前記第 2 コイル片 5 6 の一端部を前記接続部 6 1 上に磁氣的に接続させ、トロイダル状となるコイル片 5 7 を形成すれば良い。この図 1 4 に示す工程で前記上部コア層 4 2 上に絶縁層 5 8 を形成した際、前記絶縁層 5 8 の上面 5 8 a には前記 G d 決め層 3 3 8 の厚さ寸法 T 3 に起因する段差部が生じる。このとき、絶縁層 5 8 の上面 5 8 a を平坦化しないで前記段差部を有した状態のまま前記第 2 コイル片 5 6 を形成しても良いが、前記絶縁層 5 8 の上面 5 8 a を平坦化して前記段差部を除去した後に前記第 2 コイル片 5 6 を形成することが好ましい。その理由は、前記段差部の上部に前記第 2 コイル片 5 6 を形成した場合、前記第 2 コイル片 5 6 が段差部によって歪んで形成されてしまい、精度良く形成することができない。したがって、図 2 1 に示すように前記絶縁層 5 8 の上面 5 8 a を平坦化し、平坦化された前記上面 5 8 a に前記第 2 コイル片 5 6 を形成すれば、前記第 2 コイル片 5 6 を高精度に形成することができるからである。

## 【 0 1 7 8 】

図 2 4 に示す薄膜磁気ヘッドは、図 1 6 に示した薄膜磁気ヘッドと同様、図 1 3 に示す工程で前記 G d 決め層 4 3 8 の前端面 4 3 8 a が前記隆起層 3 2 上に位置するように形成し、後端面 4 3 8 b が前記バックギャップ層 3 3 上に位置するように形成する。このとき、前記長さ寸法 L 6 は、前記厚さ寸法 T 4 よりも大きくなるように形成する。

## 【 0 1 7 9 】

図 2 4 に示す薄膜磁気ヘッドも図 2 3 に示す薄膜磁気ヘッドと同様、トロイダル状のコイル層 5 7 が形成された構造である。したがって、図 2 4 に示す薄膜磁気ヘッドを製造するには、図 9 に示す工程で第 1 のコイル片 5 5 を形成した後、

図 1 0 に示す工程で隆起層 3 2 やバックギャップ層 3 3 の形成と同時に図 6 や図 7 に示す接続部 6 1 を形成し、さらに図 1 4 に示す工程後に前記上部コア層 4 2 上に絶縁層 5 8 やレジスト層 6 3 を形成した後、前記絶縁層 5 8 上に複数本の第 2 コイル片 5 6 を形成し、このとき前記第 2 コイル片 5 6 の一端部を前記接続部 6 1 上に磁氣的に接続させ、トロイダル状となるコイル片 5 7 を形成する。図 2 4 に示す薄膜磁気ヘッドの製造工程においても、図 1 4 に示す工程で前記上部コア層 4 2 上に絶縁層 5 8 を形成した後、前記絶縁層 5 8 の上面 5 8 a を平坦化しないで前記第 2 コイル片 5 6 を形成しても良いが、前記第 2 コイル片 5 6 を高精度に形成するため、前記絶縁層 5 8 の上面 5 8 a を平坦化して前記段差部を除去した後に前記第 2 コイル片 5 6 を形成することが好ましい。

#### 【 0 1 8 0 】

以上、詳述した本発明における薄膜磁気ヘッドは、例えばハードディスク装置などに搭載される磁気ヘッド装置に内蔵される。前記薄膜磁気ヘッドは浮上式磁気ヘッドあるいは接触式磁気ヘッドのどちらに内蔵されたものでもよい。また前記薄膜磁気ヘッドはハードディスク装置以外にも磁気センサ等に使用できる。

#### 【 0 1 8 1 】

##### 【発明の効果】

以上、詳細に説明した本発明によれば、コイル層を下部コア層、隆起層及びバックギャップ層で囲まれた空間内に形成し、前記隆起層の上面、前記コイル絶縁層の上面及びバックギャップ層の上面を連続した平坦化面とし、この平坦化面上に、3 層の下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層を形成している。

#### 【 0 1 8 2 】

前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層を平坦化面上に形成できることで、この 3 層を所定形状に精度良く形成でき前記上部磁極層の記録媒体との対向面における幅寸法で決定されるトラック幅  $T_w$  を所定寸法で形成しやすくなる。よって高記録密度化に適切に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

#### 【 0 1 8 3 】

また前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層を平坦化面上で形成できるこ



とで、磁路長を短くできる。よってコイルのターン数を減らしても記録特性の低下を防ぐことができるため前記ターン数を減らしてコイル抵抗値の低減を図り、熱膨張による突き出しの問題を適切に抑制できる。

## 【 0 1 8 4 】

また本発明の薄膜磁気ヘッドでは有機絶縁層を設ける必要がないので熱膨張係数の低減を図ることができ、熱膨張による突き出しの問題を適切に抑制できる。

## 【 0 1 8 5 】

また本発明では前記平坦化面上に G d 決め層が設けられ、この G d 決め層により前記下部磁極層及び上部磁極層を磁極部とヨーク部とに機能的に分離している。すなわち下部磁極層及び上部磁極層の少なくとも前記 G d 決め層よりも前方は、磁束を集中させ記録媒体に対し記録磁界を発生させるための磁極部として、少なくとも前記 G d 決め層よりも後方は、閉磁路内で磁束を効率良く流すためのヨーク部として機能している。このように前記 3 層を G d 決め層を設けることで機能的に分離させることができ、記録特性の良好な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

## 【 0 1 8 6 】

さらに本発明の薄膜磁気ヘッドでは、前記 G d 決め層が隆起層の後端面と接触する接触部から、前記 G d 決め層の後端面までの長さ寸法は、前記 G d 決め層の厚さ寸法よりも大きく形成されている。したがって、前記 G d 決め層の後端面に形成された角部から前記隆起層の後端面に形成された角部までの長さ寸法を大きくすることができるため、前記両角部間に磁束が流れ難くなり、記録媒体との対向面において磁界を発生させ易く、記録効率を大きくすることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図 1】

本発明における第 1 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す縦断面図、

## 【図 2】

図 1 に示す薄膜磁気ヘッドの部分斜視図、

## 【図 3】

図 1 に示す薄膜磁気ヘッドの部分拡大縦断面図、

【図 4】

図 1 に示す薄膜磁気ヘッドの部分拡大縦断面図、

【図 5】

本発明における第 2 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す縦断面図、

【図 6】

図 5 に示す薄膜磁気ヘッドの部分正面図、

【図 7】

図 5 に示す薄膜磁気ヘッドのコイル層のコイル形状を示す部分平面図、

【図 8】

本発明の図 1 の薄膜磁気ヘッドの製造方法を示す一工程図、

【図 9】

図 8 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 0】

図 9 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 1】

図 1 0 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 2】

図 1 1 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 3】

図 1 2 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 4】

図 1 3 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 5】

本発明における第 3 の実施の形態の第 1 の例の薄膜磁気ヘッドの構造を示す縦断面図、

【図 1 6】

図 1 5 に示す薄膜磁気ヘッドの部分斜視図、

【図 1 7】

図 1 5 に示す薄膜磁気ヘッドの部分平面図、

【図 1 8】

図 1 5 に示す薄膜磁気ヘッドの部分拡大縦断面図、

【図 1 9】

本発明における第 3 の実施の形態の第 2 の例の薄膜磁気ヘッドの構造を示す縦断面図、

【図 2 0】

図 1 9 に示す薄膜磁気ヘッドの部分斜視図、

【図 2 1】

図 1 9 に示す薄膜磁気ヘッドの部分平面図、

【図 2 2】

図 1 9 に示す薄膜磁気ヘッドの部分拡大縦断面図、

【図 2 3】

本発明における第 4 の実施の形態の第 1 の例の薄膜磁気ヘッドの構造を示す縦断面図、

【図 2 4】

本発明における第 4 の実施の形態の第 2 の例の薄膜磁気ヘッドの構造を示す縦断面図、

【図 2 5】

従来における薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分縦断面図、

【図 2 6】

従来における別の薄膜磁気ヘッドの部分縦断面図、

【図 2 7】

図 2 6 に示す薄膜磁気ヘッドの部分正面図、

【図 2 8】

従来におけるさらに別の薄膜磁気ヘッドの部分縦断面図、

【符号の説明】

2 9 下部コア層

3 2 隆起層

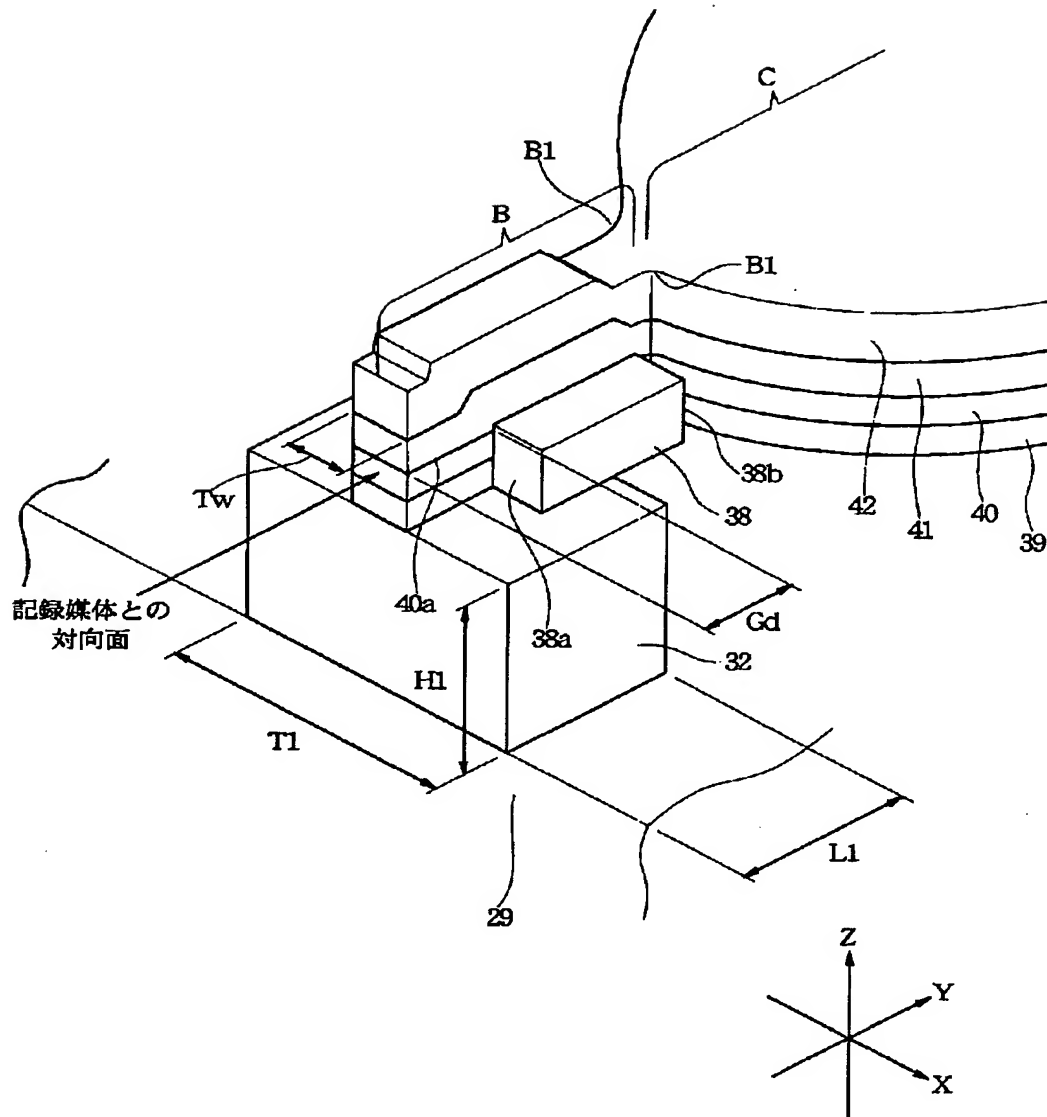
3 5、5 7 コイル層

- 3 8, 1 3 8, 2 3 8, 3 3 8, 4 3 8   G d 決め層
- 3 9   下部磁極層
- 4 0   ギャップ層
- 4 1   上部磁極層
- 5 0   第 2 メッキ下地層
- 5 1   第 1 メッキ下地層
- 5 3   第 3 メッキ下地層
- 4 2   上部コア層
- 5 5   第 1 コイル片
- 5 6   第 2 コイル片
- 6 1   接続部
- 6 2   4 層
- 6 5   レジスト層
- 1 3 8 a, 2 3 8 a, 3 3 8 a, 4 3 8 a   前端面
- 1 3 8 b, 2 3 8 b, 3 3 8 b, 4 3 8 b   後端面
- 1 3 8 c, 2 3 8 c, 3 3 8 c, 4 3 8 c   接触部

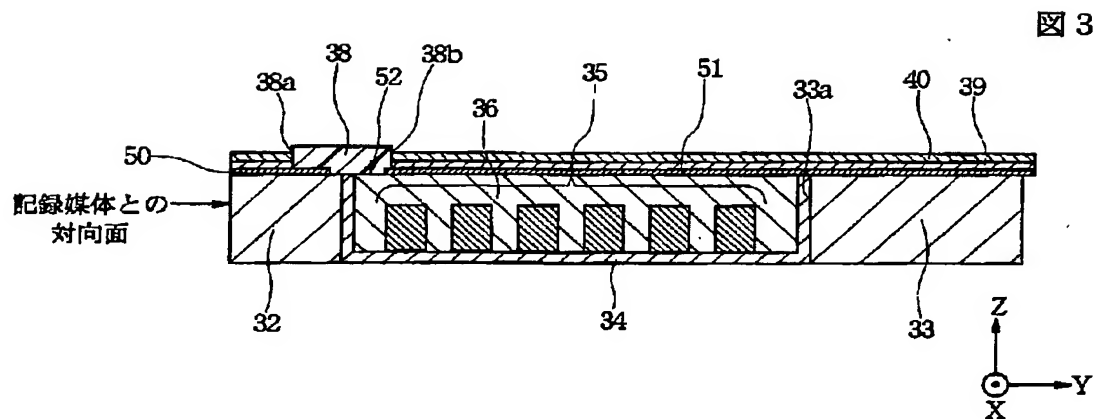


【図 2】

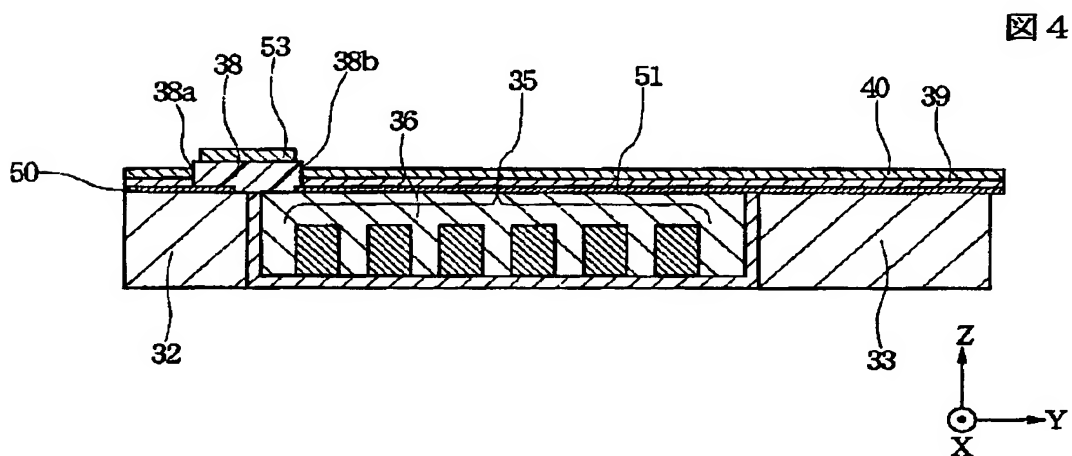
図 2



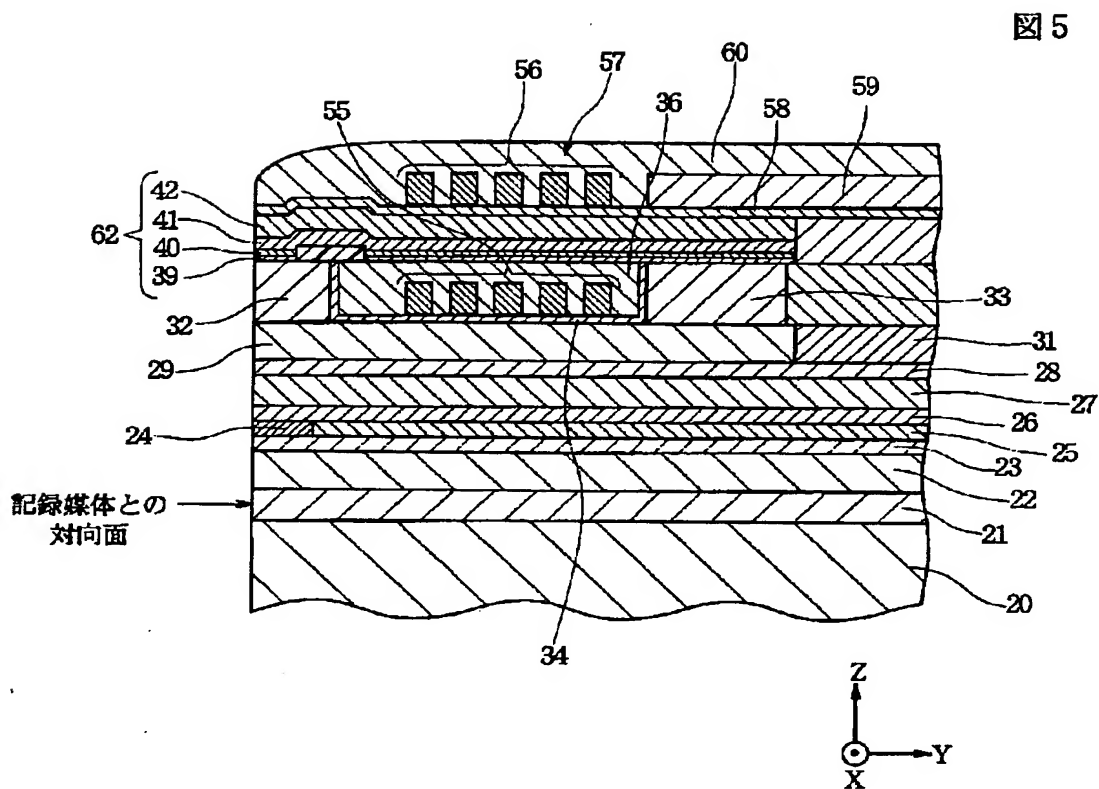
【圖 3】



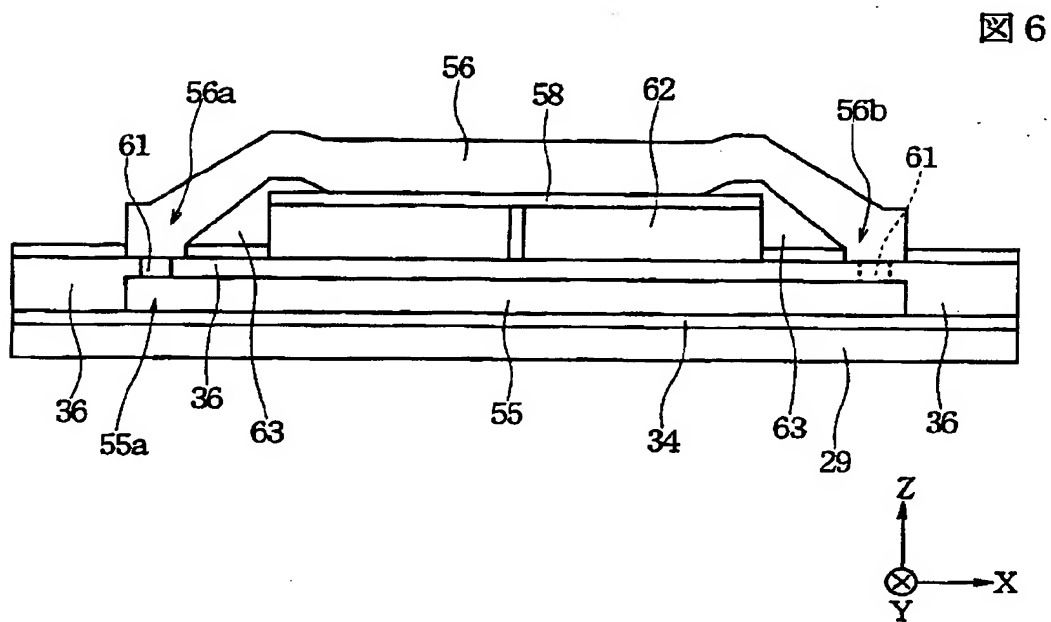
【図 4】



【図 5】

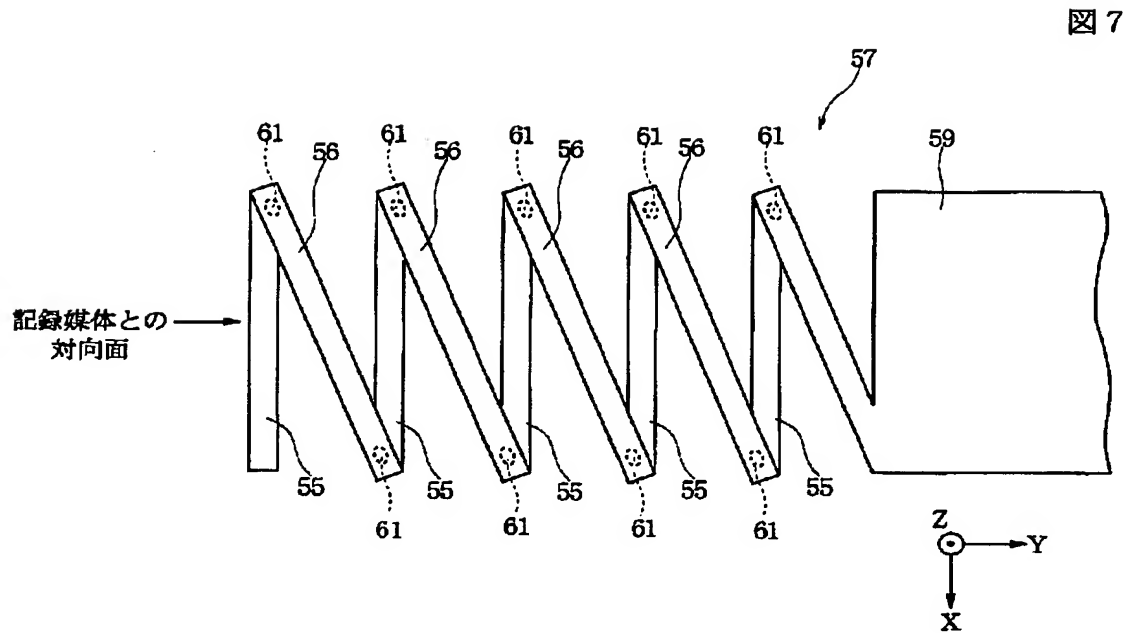


【図 6】

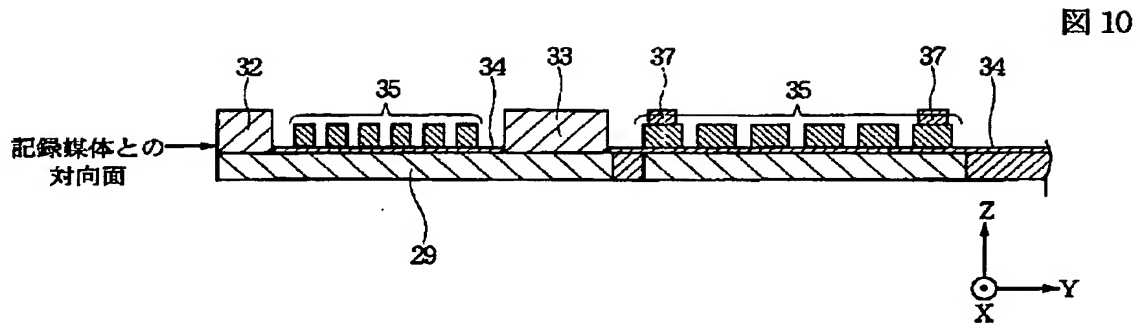




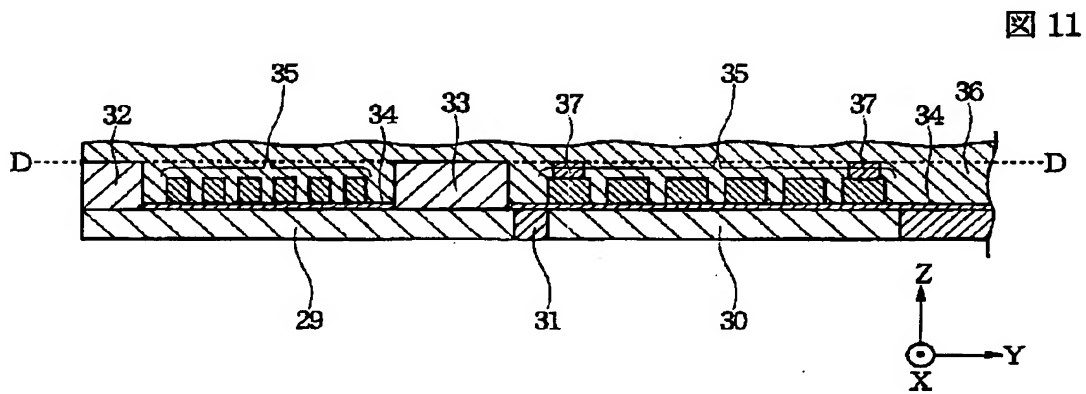
【图7】



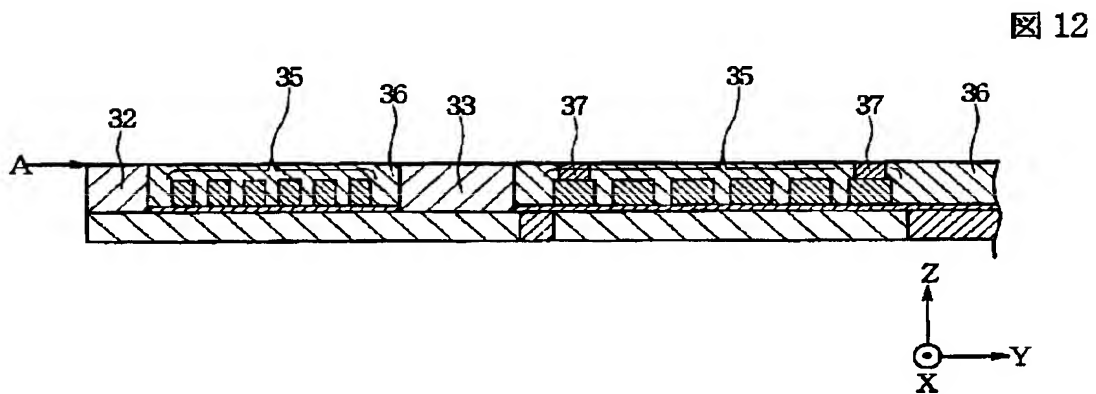
【図 1 0】



【図 1 1】

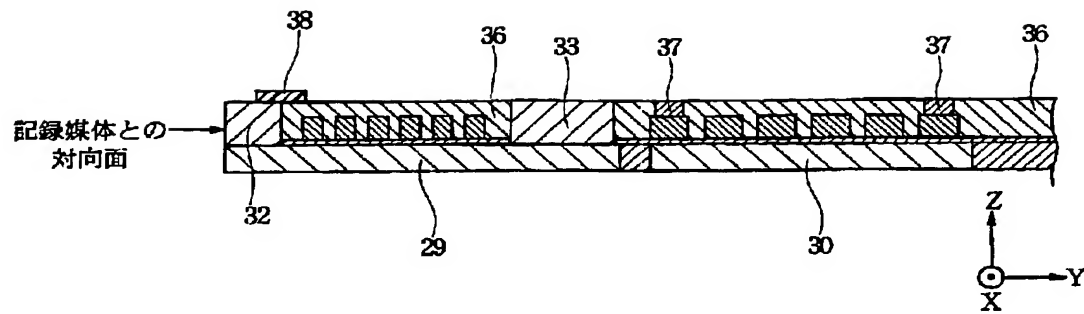


【図 1 2】



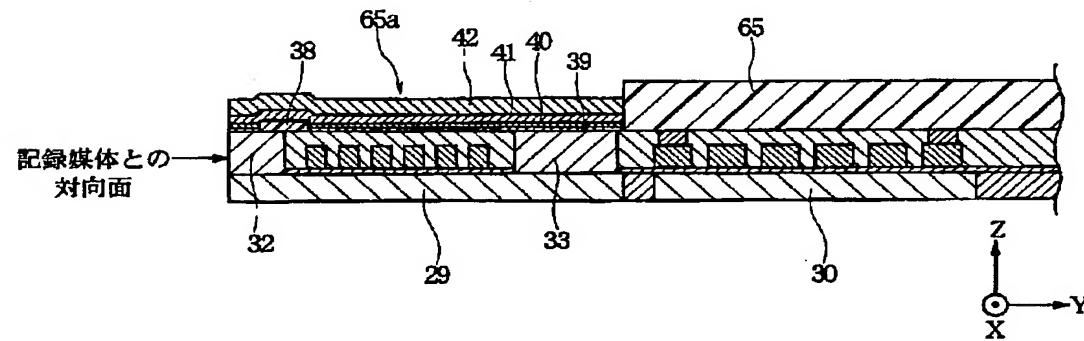
【図 1 3】

図 13



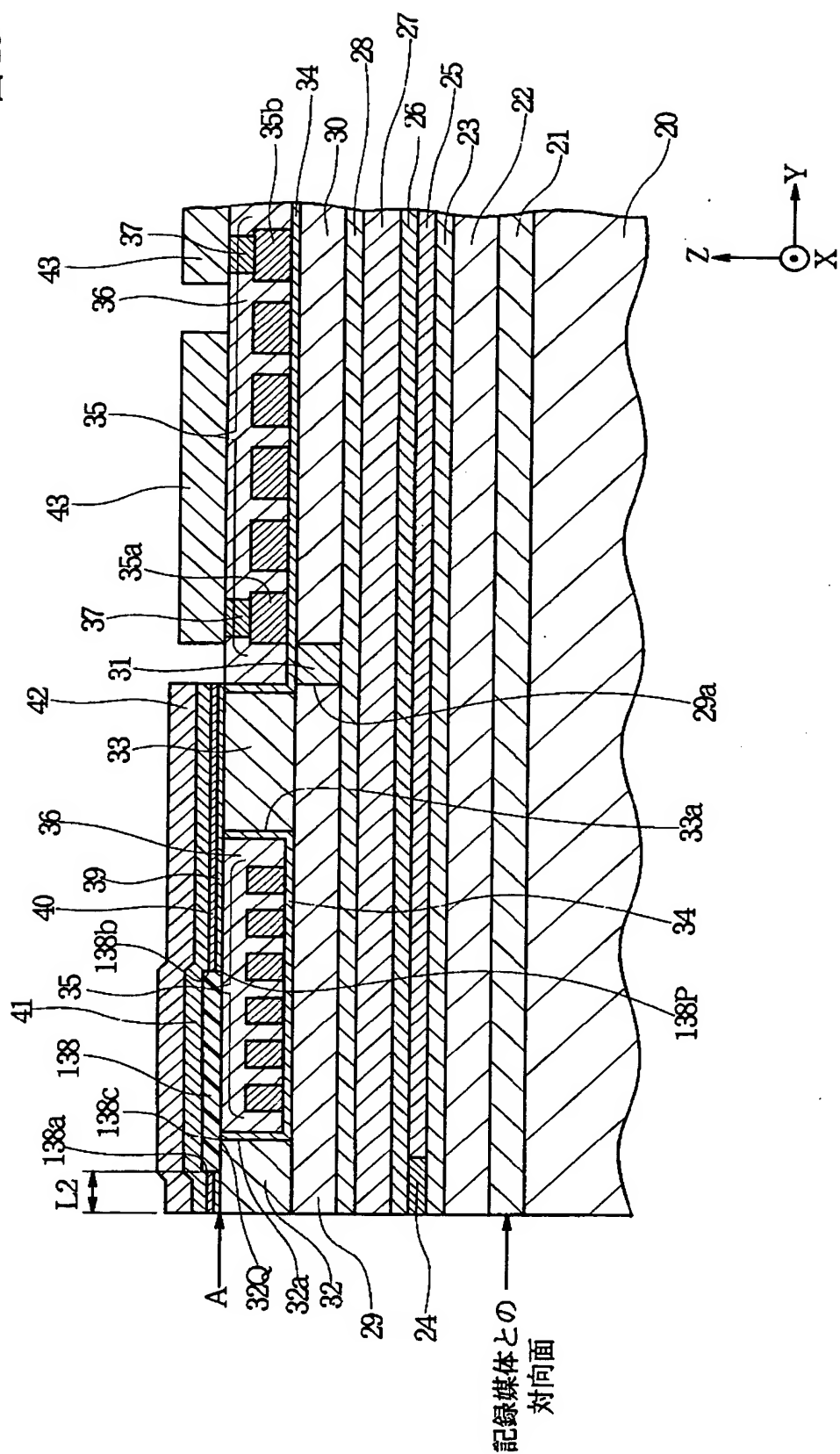
【図 1 4】

図 14



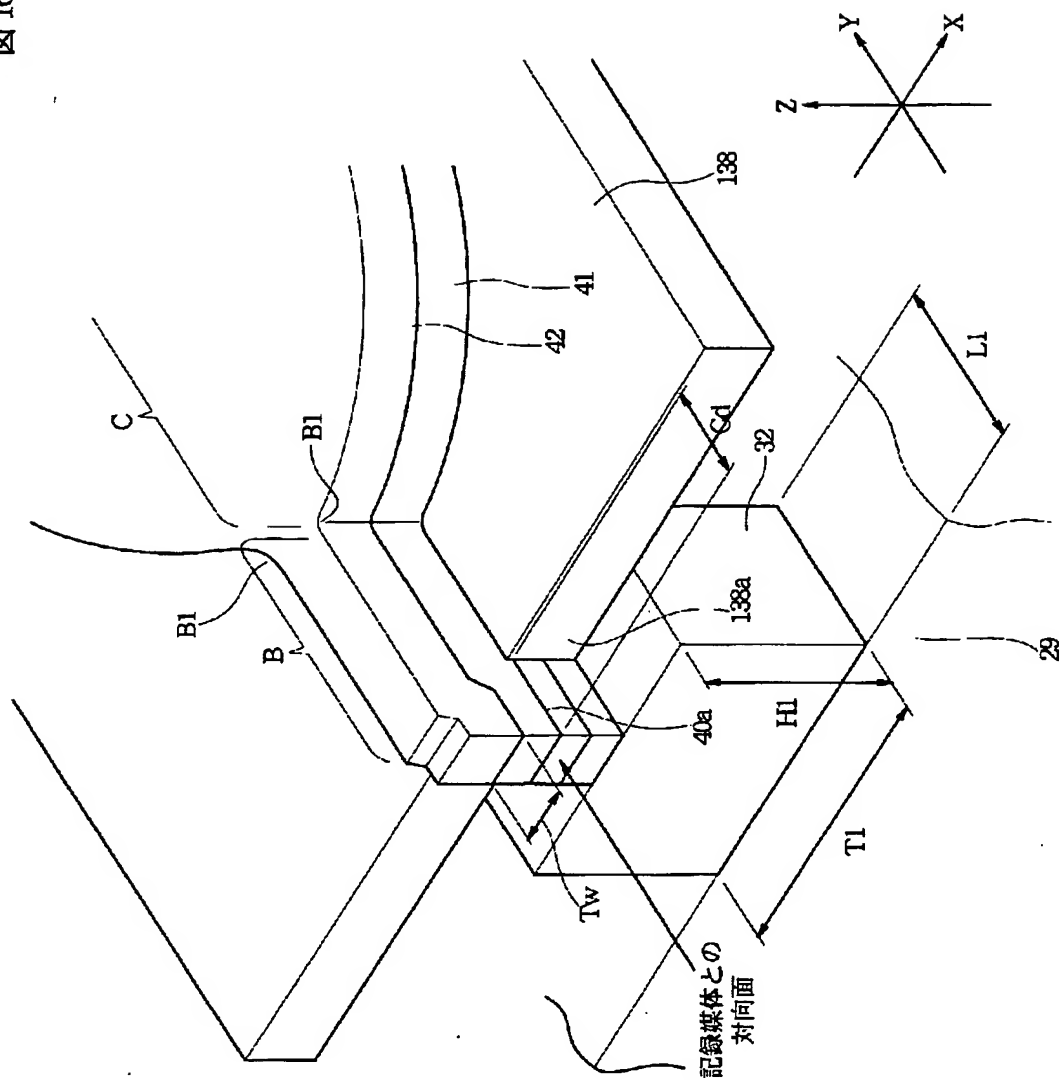
【図 1 5】

15



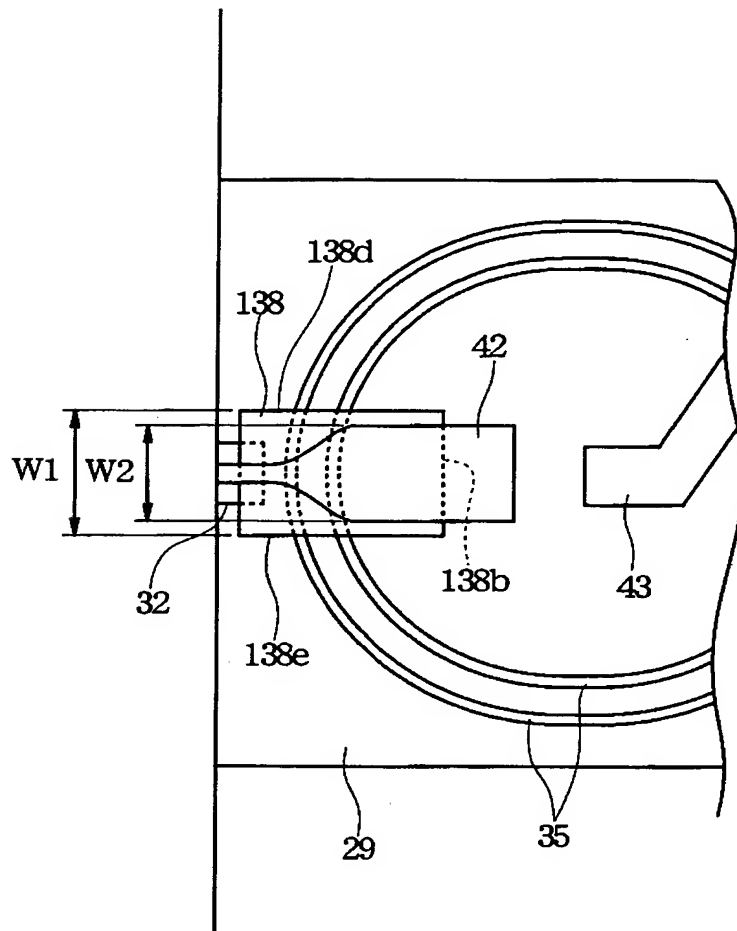
【図 16】

図 16



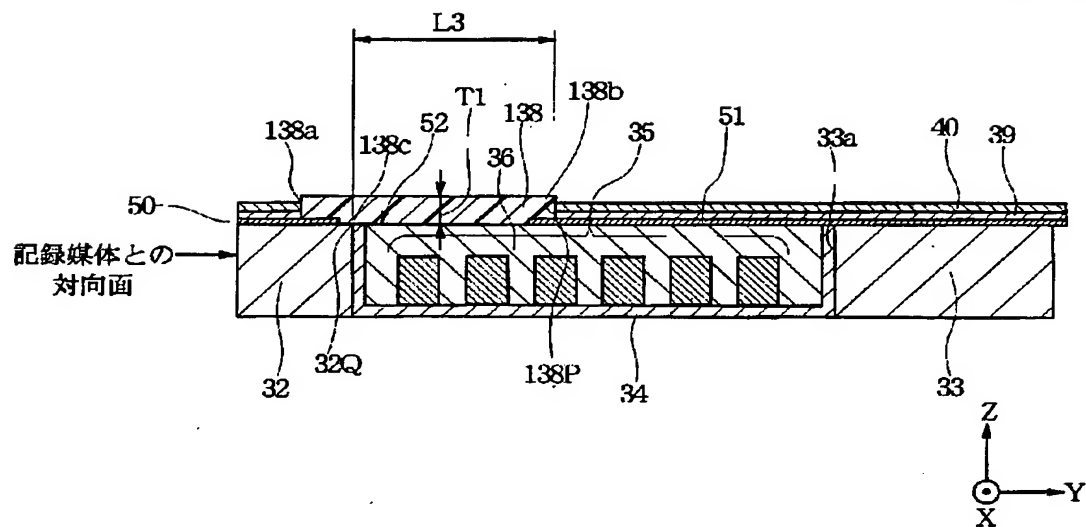
【図 1 7】

図 17



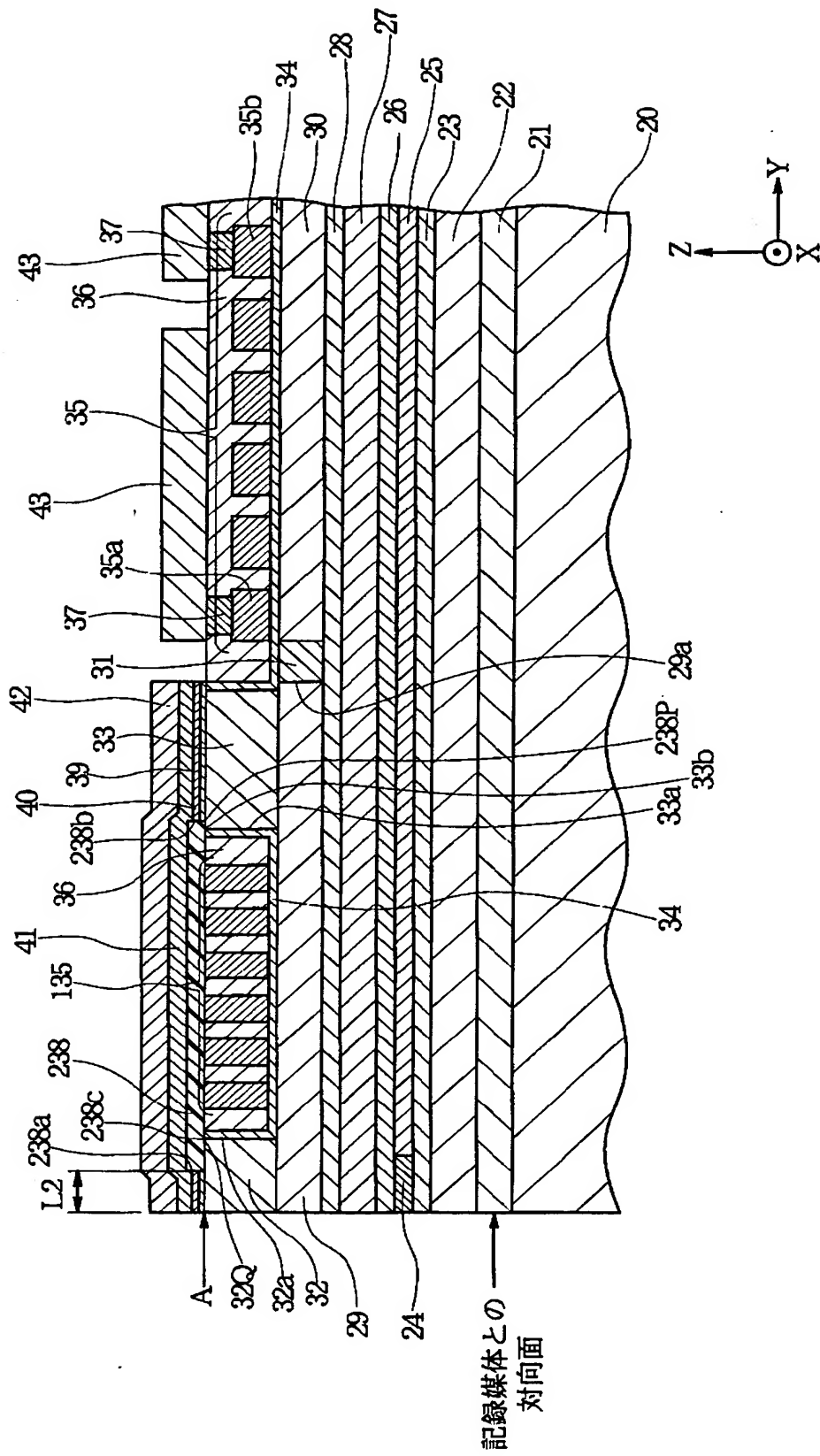
【図 1 8】

図 18



【図 1 9】

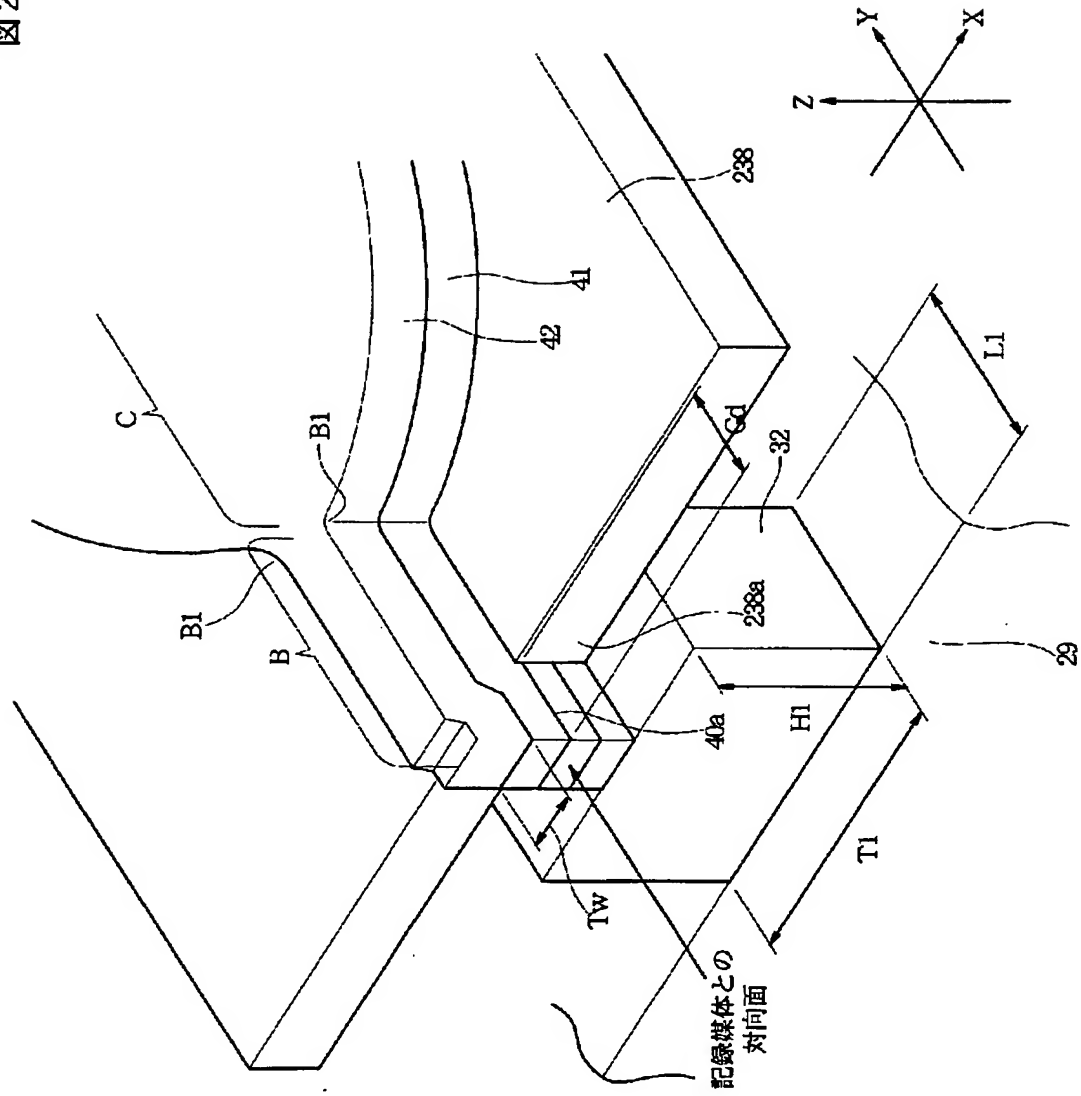
61  
☒





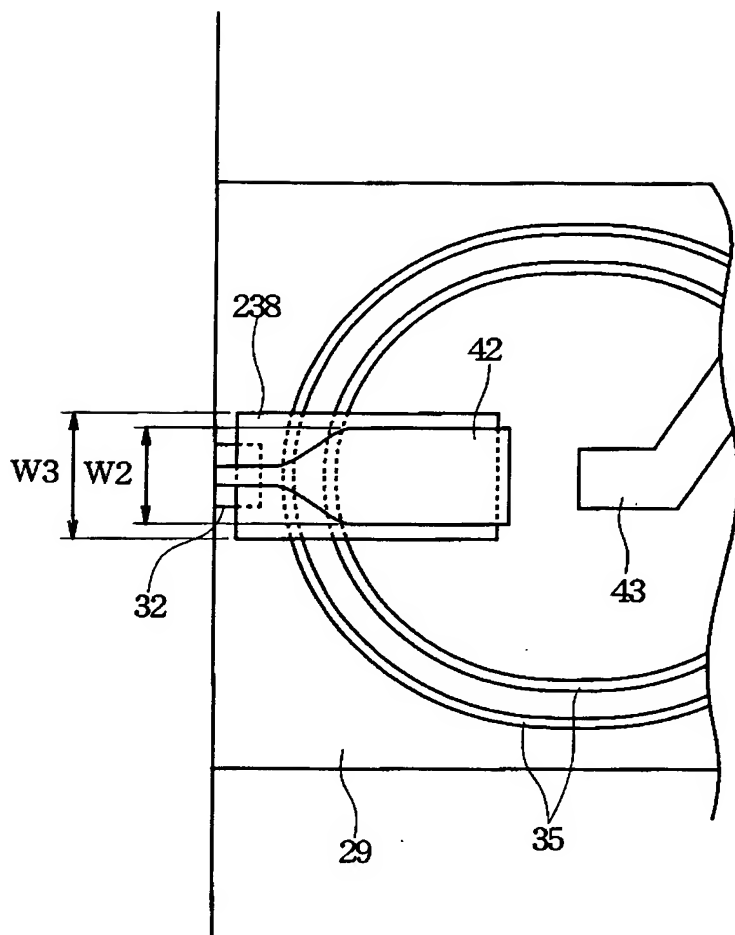
【図 20】

図 20

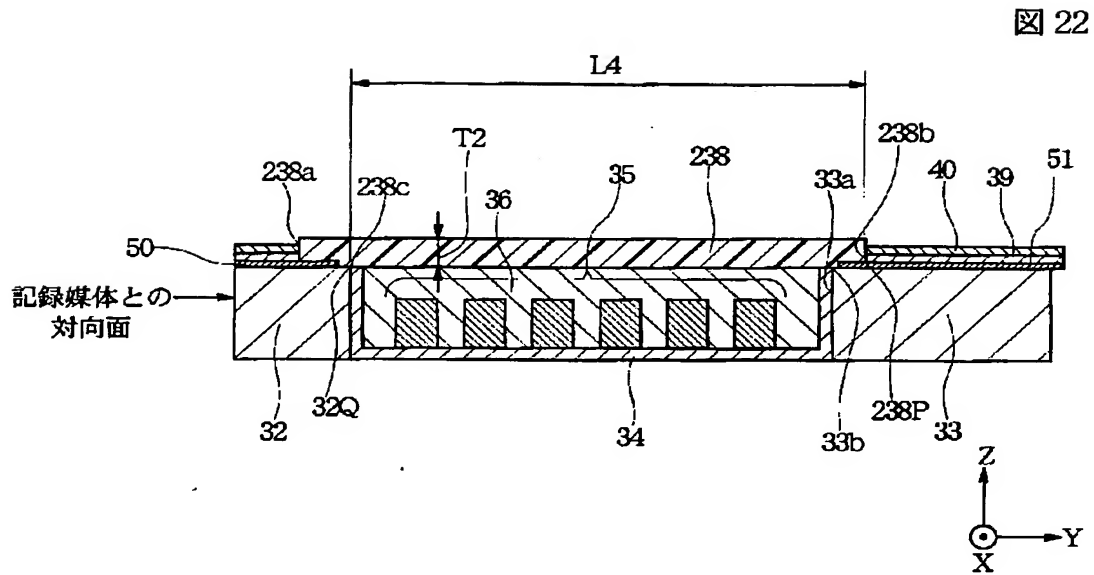


【図 2 1】

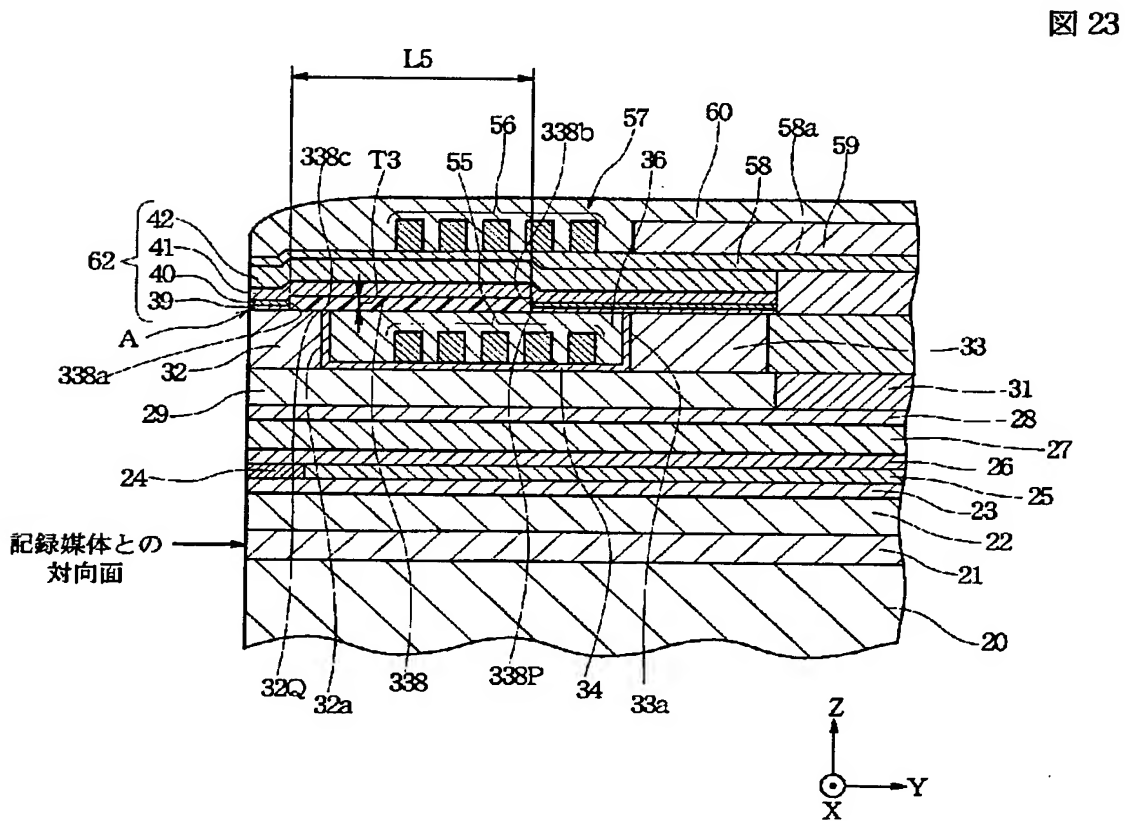
図 21



【図 2 2】

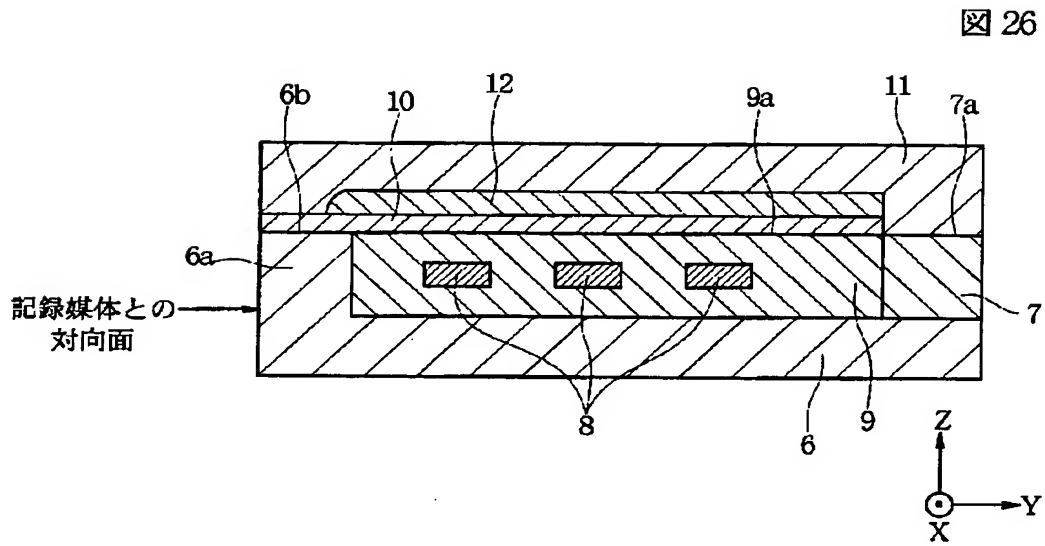


【図 2 3】

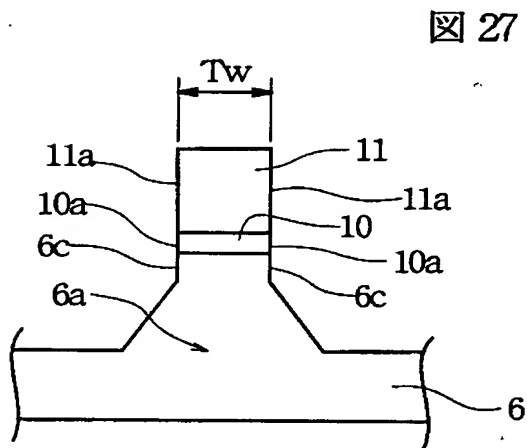




【図 2 6】

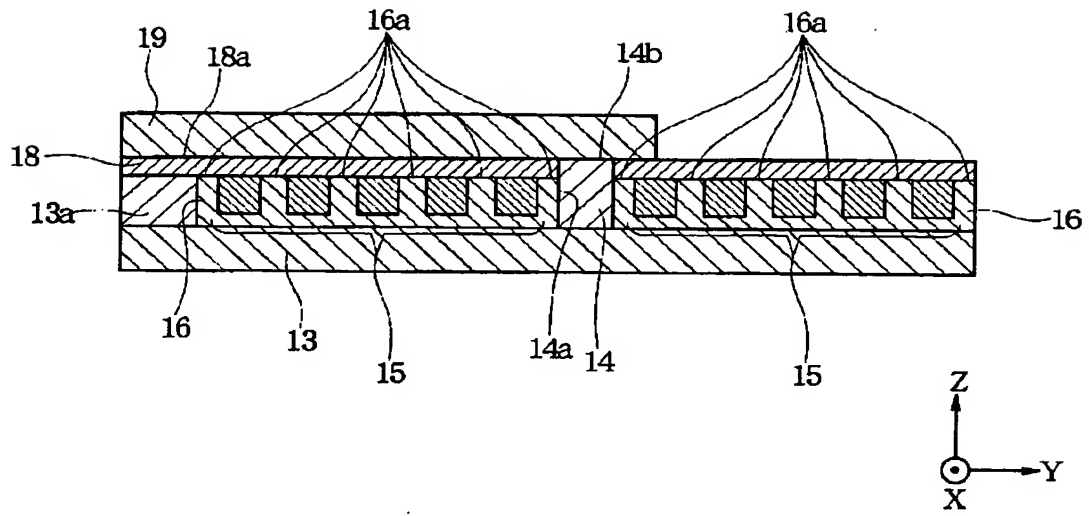


【図 2 7】



【図 2 8】

図 28



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 特にトラック幅を所定寸法に高精度に形成でき狭トラック化に適切に対応できるとともに、磁路長を短くでき記録特性を向上させることができる薄膜磁気ヘッド及びその製造方法を提供することを目的としている。

【解決手段】 コイル層 3 5 を下部コア層 2 9、隆起層 3 2 及びバックギャップ層 3 3 で囲まれた空間内に形成し、前記隆起層、コイル絶縁層、バックギャップ層の上面を連続した平坦化面とし、この平坦化面上に下部磁極層 3 9、ギャップ層 4 0、上部磁極層 4 1 及び上部コア層 4 2 を形成している。前記下部磁極層、ギャップ層、上部磁極層及び上部コア層を平坦化面上に形成できることで、この 4 層を所定形状に精度良く形成でき前記上部磁極層 4 1 の記録媒体との対向面における幅寸法で決定されるトラック幅  $T_w$  を所定寸法で形成しやすくでき、また磁路長を短くでき記録特性を向上させることができる。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 1 0 0 9 8 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 7 日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号  
氏 名 アルプス電気株式会社